В. Р. Ильченко

Перекрестки физики, химии и биологии

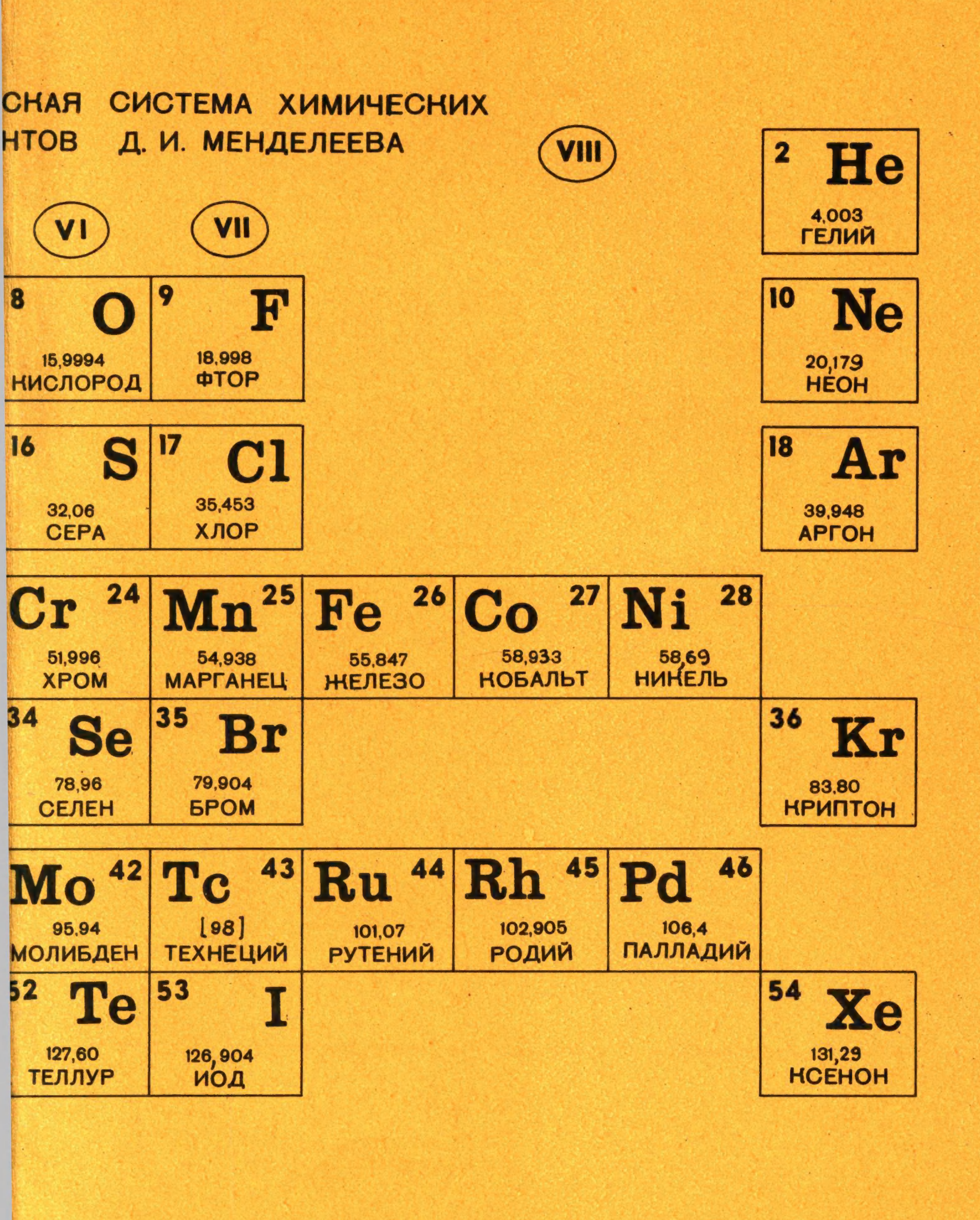




ПЕРИОДИЧЕСК
ЭЛЕМЕНТ

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	I	II	III	IV	V
1	I	1 H 1,0079 ВОДОРОД				
2	II	3 Li 6,941 ЛИТИЙ	4 Be 9,012 БЕРИЛЛИЙ	5 B 10,811 БОР	6 C 12,0111 УГЛЕРОД	7 N 14,007 АЗОТ
3	III	11 Na 22,990 НАТРИЙ	12 Mg 24,305 МАГНИЙ	13 Al 26,982 АЛЮМИНИЙ	14 Si 28,086 КРЕМНИЙ	15 P 30,974 ФОСФОР
4	IV	19 K 39,098 КАЛИЙ	20 Ca 40,08 КАЛЬЦИЙ	Sc 21 44,956 СКАНДИЙ	Ti 22 47,88 ТИТАН	V 23 50,942 ВАНАДИЙ
	V	Cu 29 63,546 МЕДЬ	Zn 30 65,39 ЦИНК	31 Ga 69,72 ГАЛЛИЙ	32 Ge 72,59 ГЕРМАНИЙ	33 As 74,922 МЫШЬЯК
5	VI	37 Rb 85,47 РУБИДИЙ	38 Sr 87,62 СТРОНЦИЙ	Y 39 88,905 ИТТРИЙ	Zr 40 91,22 ЦИРКОНИЙ	Nb 41 92,906 НИОБИЙ
	VII	Ag 47 107,868 СЕРЕБРО	Cd 48 112,41 КАДМИЙ	49 In 114,82 ИНДИЙ	50 Sn 118,71 ОЛОВО	51 Sb 121,75 СУРЬМА

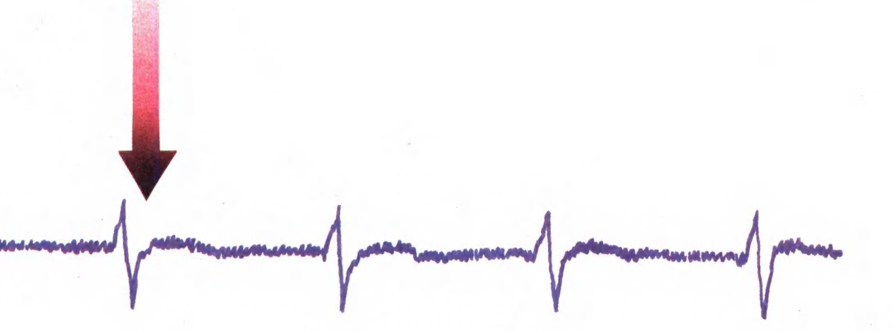

СКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ
НТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА
VIII
2 He 4,003 ГЕЛИЙ
VI
VII
8 O 15,9994 КИСЛОРОД
9 F 18,998 ФТОР
10 Ne 20,179 НЕОН
16 S 32,06 СЕРА
17 Cl 35,453 ХЛОР
18 Ar 39,948 АРГОН
Cr 24 51,996 ХРОМ
Mn 25 54,938 МАРГАНЕЦ
Fe 26 55,847 ЖЕЛЕЗО
Co 27 58,933 КОБАЛЬТ
Ni 28 58,69 НИКЕЛЬ
34 Se 78,96 СЕЛЕН
35 Br 79,904 БРОМ
36 Kr 83,80 КРИПТОН
Mo 42 95,94 МОЛИБДЕН
Tc 43 [98] ТЕХНЕЦИЙ
Ru 44 101,07 РУТЕНИЙ
Rh 45 102,905 РОДИЙ
Pd 46 106,4 ПАЛЛАДИЙ
52 Te 127,60 ТЕЛЛУР
53 I 126,904 ИОД
54 Xe 131,29 КСЕНОН



В. Р. Ильченко

Перекрестки физики, химии и биологии

Книга
для учащихся



МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1986

ББК 2
И48

Рецензенты:
доктор философских наук, доцент МГУ *Г. Я. Мякишев,*
кандидат физико-математических наук, профессор МИЭМ *Л. В. Тарасов*

И $\frac{4306020000-725}{103(03)-86}$ 231—86

ББК 2

Естествознание так человечно,
так правдиво, что я желаю удачи
каждому, кто отдается ему...

В. Гете



Предисловие

Как появляется замысел книги? Мне кажется, что он вынашивается в течение всей сознательной жизни автора и ждет того дня, когда автор придет к выводу, что такая книга необходима не только ему, но и другим. Для меня это был день, когда на уроке физики я предложила своим десятиклассникам ответить на вопрос: какие вы знаете основные законы, объясняющие явления природы, и почему считаете их основными? Мне хотелось знать, достаточен ли у моих выпускников запас тех знаний, которые, оставшись навсегда, перейдут в убеждения и помогут им обосновывать свои взгляды на мир.

Ответы моих учеников меня мало утешили. В качестве основных законов природы большинство из них перечислили все законы, которые им встречались на уроках физики. Я попросила моих коллег — учителей химии и биологии — предложить такой же вопрос десятиклассникам параллельных классов на своих уроках. Как и ожидалось, на их уроках были соответственно перечислены законы химии или биологии. Ребята выделили основные законы природы в зависимости от урока в школьном расписании: на уроке физики ими оказались законы Паскаля, Архимеда, закон сохранения энергии, закон Ома и т. д.; на уроке химии — закон сохранения массы вещества, периодический закон, закон Авогадро; на уроке биологии — закон естественного отбора, законы Менделя. Десятиклассники не понимали, что к основным законам природы следует отнести наиболее общие законы, изучаемые различными науками.

Например, закон сохранения и превращения энергии является основой для объяснения явлений, которые изучаются и механикой,

и молекулярной физикой, и термодинамикой, и электродинамикой, и химией, и биологией. На основе этого закона можно объяснить законы Джоуля — Ленца и Ома, правило Ленца, поставленные выпускниками в один ряд с законом сохранения энергии. На первый взгляд может показаться, что ничего страшного нет в том, что ученики не могут назвать основные законы природы. Но ведь это означает, что выпускники не понимают роль этих законов в объяснении явлений и фактов, изучаемых на уроках, не обращаются к ним при объяснении физических, химических, биологических явлений; знания о природе у них состоят из множества фактов, явлений, формул, правил, не объединенных на единой основе.

Книга и написана с целью оказать помощь при работе над объединением знаний, полученных на уроках физики, химии, биологии, вокруг основополагающих понятий этих наук, понятий, которые входят в состав ядра естественных наук, в «золотой фонд» естественнонаучного образования, составляют знания, которые помогут молодому человеку создать единый взгляд на мир.



В сознании человека знания об окружающем мире не просто преломляются, как «солнце в малой капле вод», они во многом формируют отношение человека к миру, влияют на его нравственные качества, особенно в детском возрасте. Не просто знания о природе, а глубокое проникновение в тайны природы, через которое раскрывается обаяние науки, возникает благоговение перед нею,— вот что имеет воспитательную силу, может помочь ученику полюбить идею и истину, помогает ставить духовные наслаждения

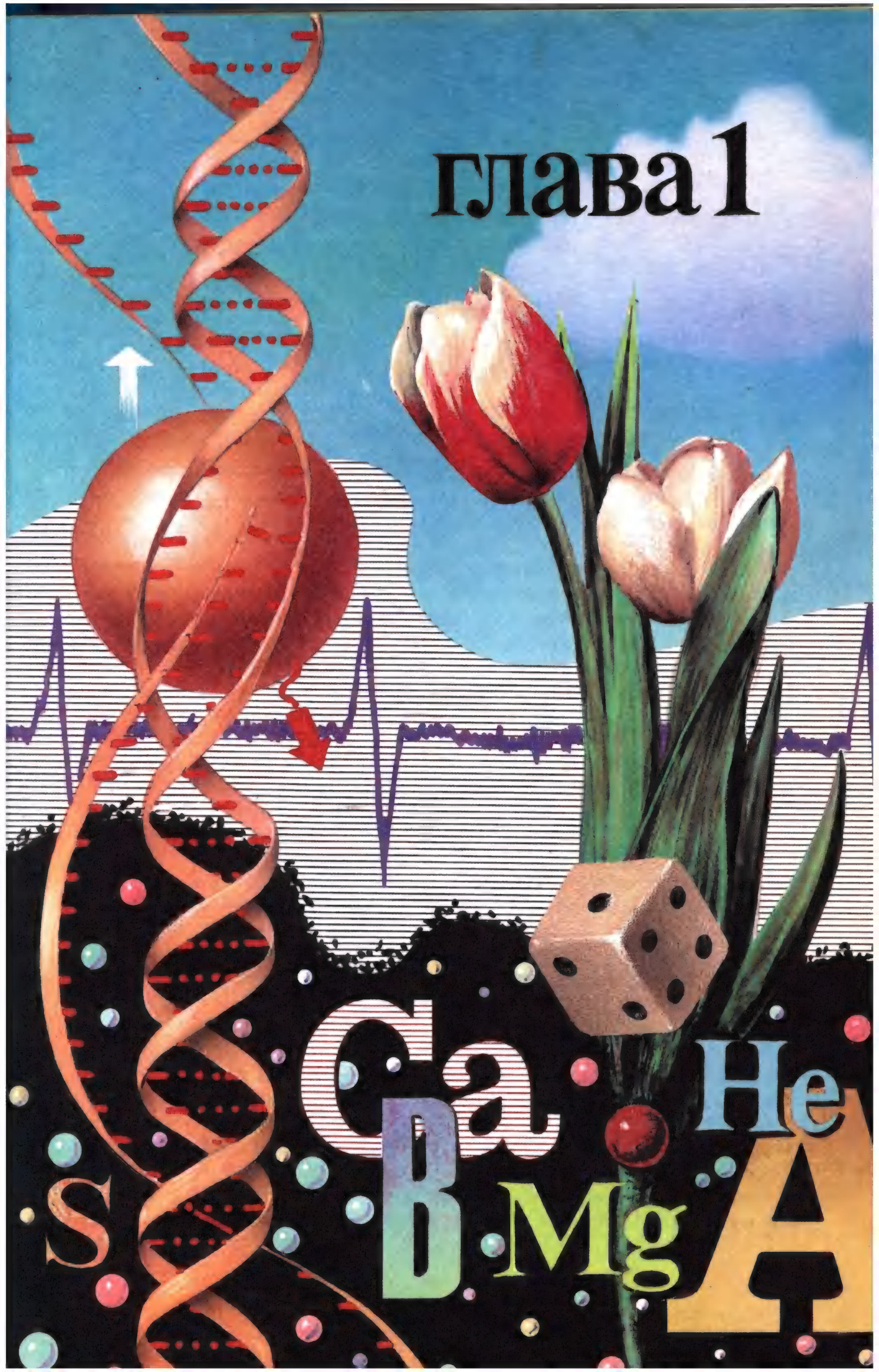
выше телесных, духовные достоинства выше случайных преимуществ.

В первой главе книги знания обобщаются на основе таких важных для физики, химии, биологии теорий, как молекулярно-кинетическая теория, теория строения и свойств вещества, квантовая теория, периодический закон. Во второй главе рассматривается возможность более широких обобщений физических, химических, биологических знаний на основе законов сохранения. Третья глава посвящена еще более обширному объединению знаний на основе единства картины мира в процессе ее эволюции.

В книге вы встретите стихи. Нам кажется, что они помогут более эмоциональному восприятию текста. По словам английского поэта Б. Шелли, «поэзия — это летопись лучших и счастливейших мгновений, пережитых счастливейшими и лучшими умами... Поэзии неизменно сопутствует наслаждение; все, на кого она снизошла, становятся восприимчивы к мудрости, примешанной к этому наслаждению».

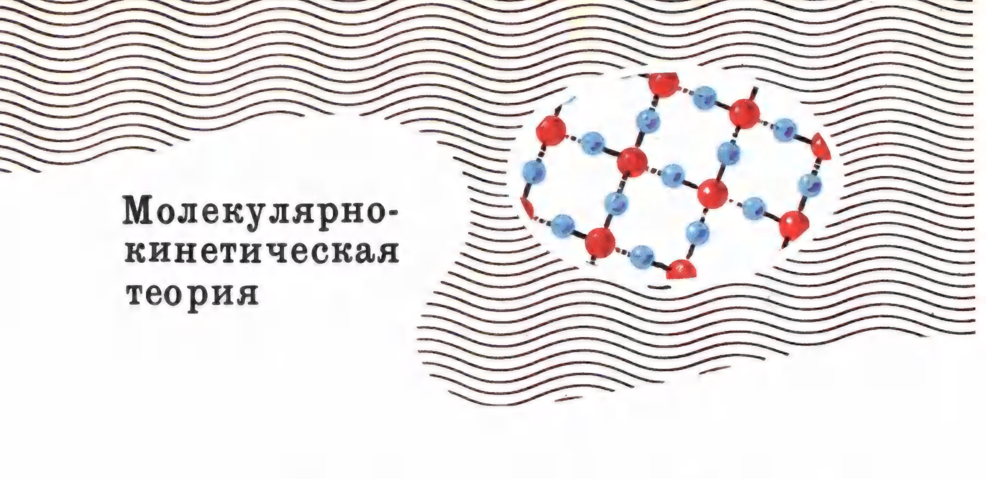
В конце книги, в «Приложении», приведены краткие сведения о тех людях науки, культуры, литературы, с именами которых вы встретитесь.

Пользуясь случаем, хочу поблагодарить учителей М. Т. Атамасенко, С. П. Яровую из чернобыльской средней школы № 1, Т. Н. Оголец, В. Т. Коханович из мозырской средней школы № 5, которые помогли практически осуществить мои замыслы. А также выразить признательность академику И. Д. Звереву, проф., доктору филос. наук М. В. Поповичу, канд. хим. наук В. С. Ющенко, докт. филос. наук Г. Я. Мякишеву и профессору Л. В. Тарасову за помощь в работе над книгой.


глава 1
Ca
He
B
Mg
A
S

*Мыслящий ум не чувствует
себя счастливым, пока ему
не удастся связать воедино
разрозненные факты,
им наблюдаемые.*

Д. Хевеши



Молекулярно-кинетическая теория

Молекулярно-кинетическая теория — одна из фундаментальных научных теорий, утверждающая древнейшую научную идею — идею о дискретности вещества. Она служит основой для объяснения многих физических, химических, биологических явлений, без нее не может обойтись ни одна из естественных наук. О значении этой теории образно сказал известный американский физик Р. Фейнман. Он задал вопрос: какое утверждение, составленное из наименьшего количества слов, содержало бы наибольшую информацию для передачи грядущим поколениям, если бы в результате какой-то мировой катастрофы все накопленные научные знания оказались бы уничтоженными? И сам ответил: это — атомная гипотеза: все тела состоят из атомов — частиц, которые находятся в непрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из тел плотнее прижать к другому. В этой фразе содержится огромная информация о мире.

Уже в VI—VII классах при объяснении большинства физических явлений вы обращались к основным положениям молекулярно-кинетической теории. В VII классе на уроках химии вы применяли основные положения атомно-молекулярного учения к объяснению химических явлений.

А какую роль играет молекулярно-кинетическая теория при объяснении биологических явлений?

Давайте немного поразмышляем об этом, например, у озера. Пройдем через заросли конского щавеля, дербенника, осоки к самой воде, постоим, наслаждаясь запахом цветов и трав. Мы не будем останавливаться на том, что запах от кувшинок, прибрежных цветов распространяется благодаря явлению диффузии, обусловленному непрерывным хаотическим движением частиц — молекул окружающего нас воздуха. Подобный пример в подтверждение существования хаотического движения молекул в газах приводился на уроке физики в VI классе. Посмотрим на озеро.

Вот у самого берега возле стебля тростника повис вниз головой жук-плавунец (рис. 1). Что он высматривает на дне? Возле него расположились какие-то личинки также вниз головой, выставив над водой свои «хвостики».

Кто как дышит? (О роли диффузии в процессах дыхания.) Конечно, ни жук, ни личинки ничего не рассматривают на дне, они запасаются кислородом. Жук высовывает из воды конец брюшка и, приподняв надкрылья, набирает воздух в дыхальца-отверстия в брюшке (у личинок они находятся в «хвостиках»), от них отходят трахеи — трубочки — к каждому органу жука. Благодаря диффузии кислород воздуха из трахей проникает в каждую клетку организма жука, а углекислый газ также благодаря диффузии из клеток проникает в трахеи и выводится наружу.

Совсем близко к берегу подплыла рыбка, вы видите ее темную спинку и замечаете, как периодически движутся у нее жаберные крышки — так она прогоняет через жаберные щели воду, которая омывает жаберные лепестки, пронизанные капиллярами (тончайшими сосудами). Через их стенки кислород из воды диффундирует в кровь, а из крови в воду диффундирует углекислый газ (рис. 2).



Возле листьев кувшинки раздался слабый всплеск, над водой появилась голова лягушки. Лягушка пялит на вас глаза, будто в самом деле пытается разглядеть. Присмотритесь и вы к ней. Это очень интересное животное. Хотя бы потому, что живет в воде и не пьет ее, на суше дышит легкими и влажной кожей, а в воде — через кожу. Основа этого процесса — та же диффузия.

А как кислород попадает в организм человека? Через легкие (рис. 3). Проникновение кислорода из воздуха через мембраны легочных пузырьков в кровь, а углекислого газа — из крови в воздух происходит также благодаря диффузии. Альвеолы — мельчай-

шие ячейки легких — оплетены густой сетью капилляров — тончайших кровеносных сосудов. Стенки тех и других очень тонкие, что способствует проникновению через них молекул газа в кровь и обратно. Скорость газообмена зависит от площади поверхности, через которую происходит диффузия газов, и разности парциальных давлений диффундирующих газов (парциальным называется часть общего давления, которая приходится на долю данного газа в газовой смеси).

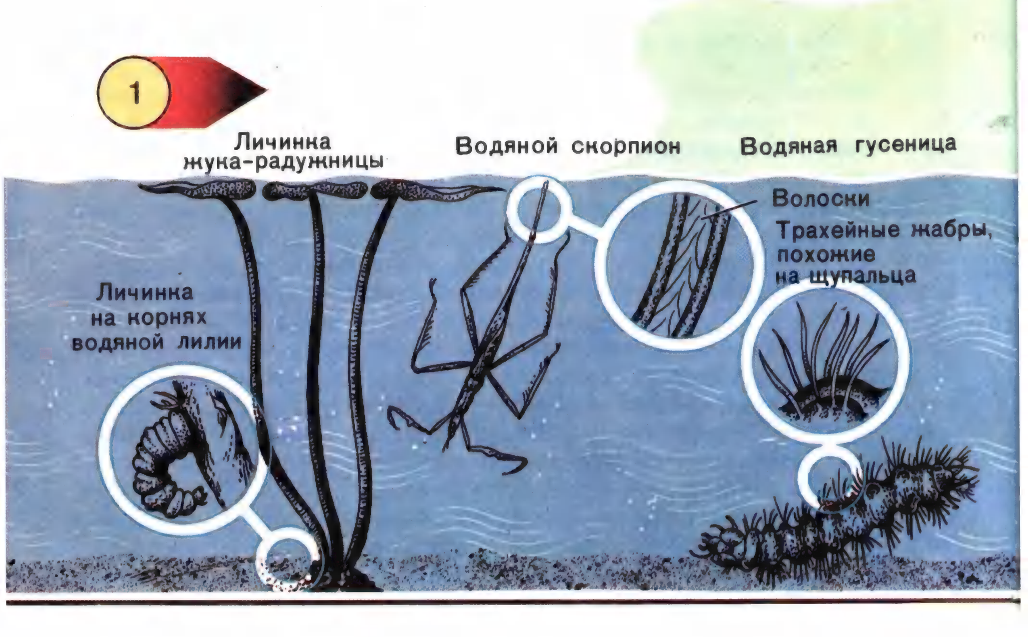
Если газы растворены в жидкости, то термину «парциальное давление» соответствует используемый в биологии термин «напряжение». Парциальное давление кислорода в воздухе легочных пузырьков 10—11 кПа, а напряжение кислорода в притекающей к легким крови около 6 кПа, поэтому кислород интенсивно диффундирует из легких в кровь. Напряжение углекислого газа в венозной крови на 700 Па больше, чем его парциальное давление в воздухе, находящемся в легких,— углекислый газ диффундирует из крови в легкие.

Множество легочных пузырьков и их ячеистое строение обеспечивают большую поверхность, через которую происходит газообмен между воздухом и кровью.



Как растения пьют воду? (Об осмосе и тургоре.) Берег озера зарос цветущими травами, колышущейся под ветром лозой. К каждому побегу, к каждому листу растений через корневые волоски из почвы проникают питательные растворы, основу которых составляет вода (рис. 4). Происходит это благодаря диффузии — хаотическому движению частиц вещества. Оно же обусловливает поступление воды в растения.

Наверное, вы помните опыт, который вам показывали на уроке ботаники в V классе или который вы наблюдали на уроке физики в VI классе. К раствору медного купороса приливали во-

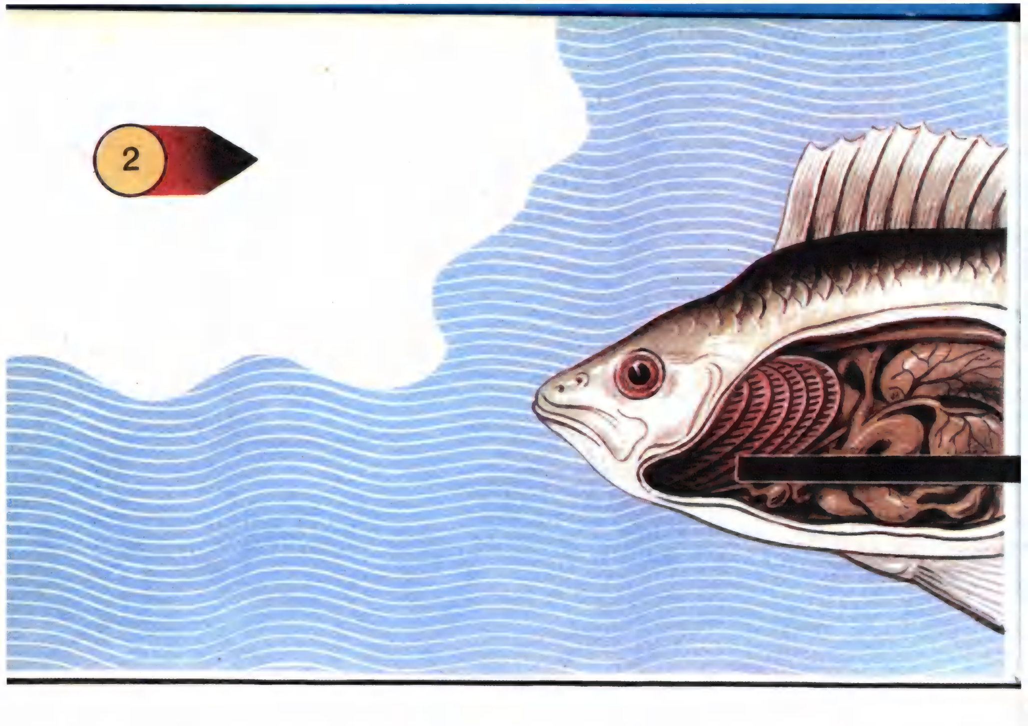


ду и наблюдали выравнивание концентраций раствора по всему объему, происходящее вследствие диффузии. Но чтобы понять, как вода проникает в корневые волоски и создает внутриклеточное давление, опыт следует несколько усложнить. Для этого потребуется мешочек из животного пузыря или из пленки, прилегающей к скорлупе яйца. Чтобы получить эту пленку, куриное яйцо опускают в концентрированный раствор уксусной кислоты на 5—6 сут, при этом скорлупа растворяется (с уксусной кислотой иметь дело опасно, поэтому надо обратиться за помощью к учителю химии или родителям). После того как мешочек из животного пузыря или пленки яйца готов, в него наливают концентрированный раствор сахара и края мешочка плотно привязывают к стеклянной трубке, затем опускают его в стакан с водой, лучше дистиллированной. Через несколько минут можно наблюдать, что уровень жидкости в трубке начинает подниматься. Чтобы ускорить этот процесс, нужно мешочек опустить в подогретую воду. Как вам известно, скорость теплового движения частиц вещества зависит от температуры. Эта зависимость выражается формулой $\frac{m\bar{v}^2}{2} = \frac{3}{2}kT$, где k — постоянная Больцмана, T — абсолютная температура тела, m — масса частицы, $\bar{v}^2$ — среднее значение квадрата скорости. Чем больше скорость молекул воды, тем она быстрее проникает в раствор, который находится в мешочке. Попробуем объяснить это явление. Если бы мешочка, разделяющего раствор и воду, не было, произошло бы постепенное выравнивание кон-



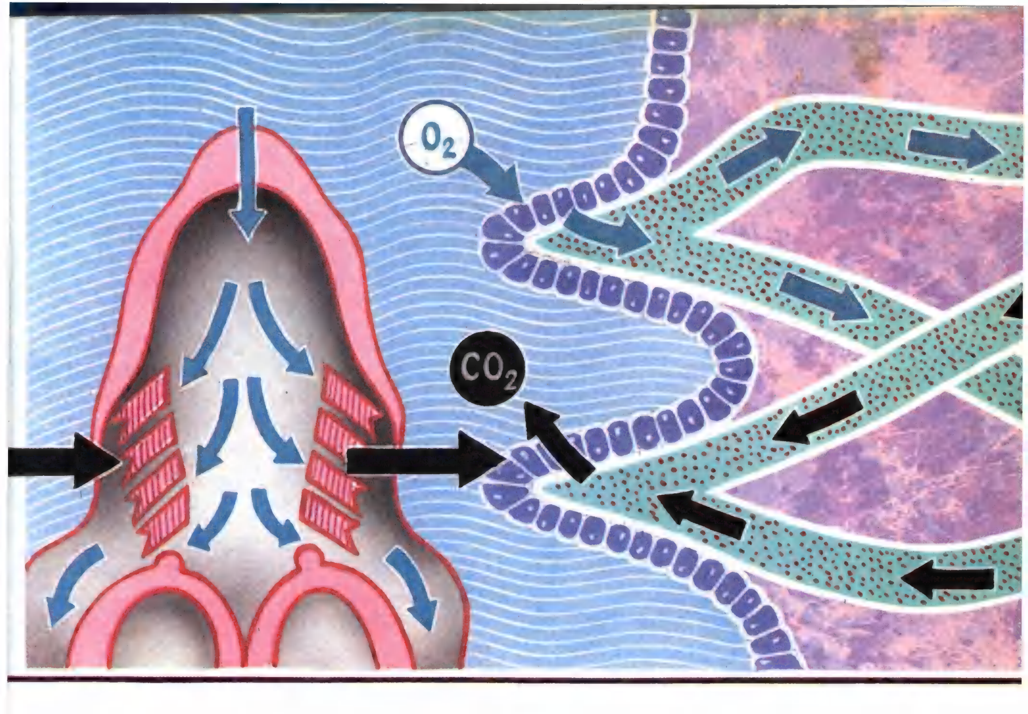
центраций сахара по всему объему жидкости вследствие диффузии. Но в данном случае воду от раствора сахара отделяет полунепроницаемая перегородка (мембрана), способная пропускать только молекулы воды и не пропускающая молекулы сахара. Поэтому и происходит движение воды через перегородку в одном направлении. Конечно, молекулы воды переходят и из мешочка в окружающую его жидкость, но их число зависит от концентрации сахара в мешочке: чем концентрация сахара больше, тем меньше молекул воды выходит из мешочка по сравнению с тем числом молекул воды, которые проникают в него из стакана за то же самое время. Вода будет наполнять мешочек до тех пор, пока существует различие концентраций раствора в нем и вне его. Если бы концентрация раствора в мешочке была меньше, чем в окружающей его жидкости, то вода из мешочка поступала бы в эту жидкость. Направленное движение низкомолекулярных соединений через полунепроницаемую перегородку называют осмосом. Чем выше концентрация раствора, отделенного перегородкой, тем интенсивнее в него приток воды, тем большее возникает в нем давление, называемое осмотическим. В нашем опыте именно оно заставляет подниматься жидкость по стеклянной трубке.

Обратимся теперь к растительной клетке. В молодом возрасте бо́льшую ее часть занимает цитоплазма. По мере роста клетки в цитоплазме накапливается клеточный сок, его окружает цитоплазматическая пленка, образуя вакуоли различной формы и размеров (рис. 5, *а*; цифрами на рисунке обозначены: *1*— ядро, *2*— вакуоля, *3*— хлоропласты). В старых клетках вакуоли обычно сливаются



в одну. Клеточный сок представляет собой водный раствор солей, сахаров и других органических соединений, которые необходимы для жизненных процессов в клетке. Цитоплазматический слой, окружающий вакуоли, является полунепроницаемой мембраной — воду он пропускает значительно лучше, чем высокомолекулярные соединения. Если концентрация веществ в клеточном соке выше, чем в окружающей клетку жидкости, как это обычно и бывает, то вода вследствие осмоса переходит в вакуолю, растягивает ее и прижимает цитоплазму к клеточной оболочке, которая под действием внутреннего давления растягивается и приходит в напряженное состояние. При определенной порции воды в клетке достигается равновесие: давление максимально растянутой оболочки клетки уравновешивается давлением клеточного сока—клетка находится в состоянии тургора (тургором называют давление протопласта — содержимого клетки — на клеточную оболочку). Проникновение воды в клетку зависит не только от осмотического давления, но и от тургорного давления в клетке. В чистой воде тургорное давление *4* (рис. 5, *б*) в клетке возрастает, в концентрированном растворе соли давление внутри клетки уменьшается (рис. 5, *в*). При равенстве осмотического и тургорного давления вода из внешней среды не поступает в клетку, какой бы высокой ни была концентрация клеточного сока по сравнению с концентрацией почвенного раствора. Такое состояние можно наблюдать у растений, если долго идут дожди.

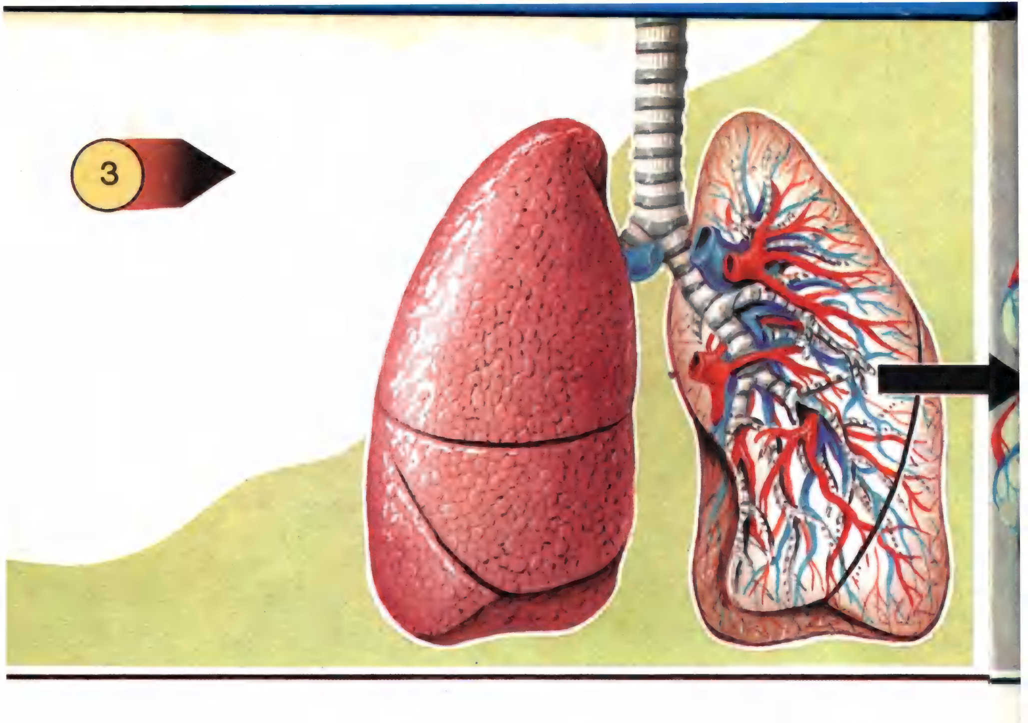
Осмотическое давление играет огромную роль в поглощении воды клетками растений, но это не значит, что только благодаря



ему вода поступает в клетки. В этом процессе участвует все содержимое клетки. Мы же рассматривали физические основы этого процесса и поэтому остановились на осмосе, чтобы подчеркнуть роль одного из положений молекулярно-кинетической теории в его объяснении.

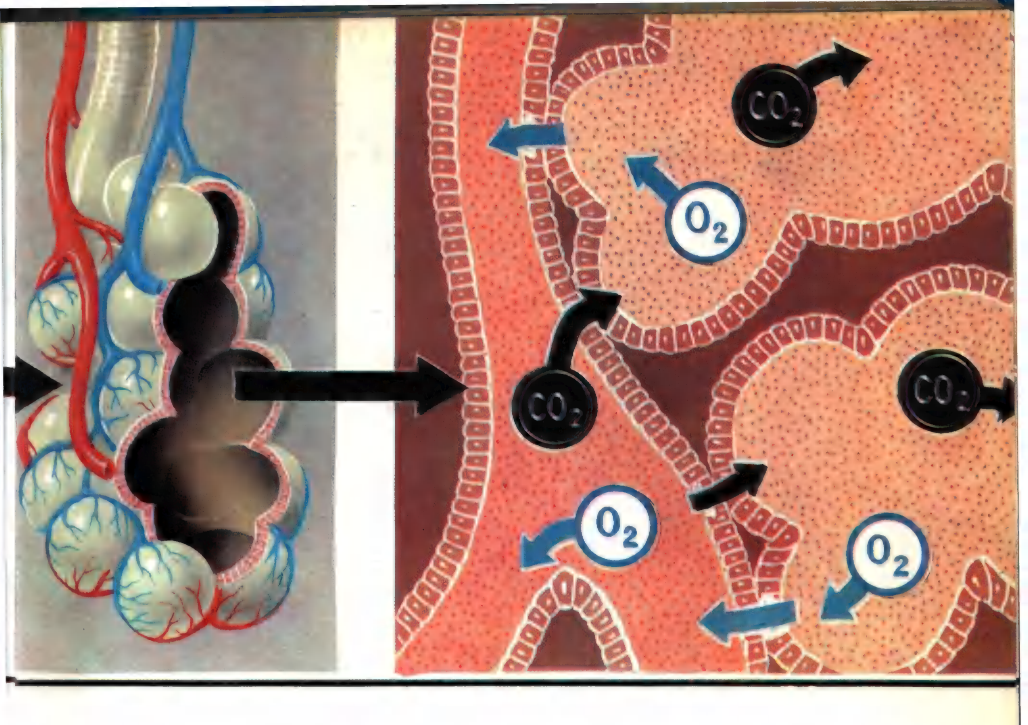
Всасываемая корнем вода движется по живым клеткам корня благодаря осмотическому давлению. Далее она попадает в сосуды, расположенные в стебле растения. У большинства древесных пород эти сосуды представляют собой трубки длиной около 10 см и диаметром 0,2 мм, цитоплазма в них отсутствует — они мертвые. В таких сосудах водный раствор движется гораздо быстрее, чем в живых клетках. Здесь главную роль играет не явление осмоса, которое протекает сравнительно медленно, а явление капиллярности. От стебля и ветвей к листьям водный раствор движется по живым клеткам. Этому движению способствует также испарение воды с поверхности листьев и тела всего растения. При испарении уменьшается тургорное давление, вследствие чего увеличивается «сосущая сила» клетки (разность между осмотическим и тургорным давлением) и вода интенсивнее поступает от корневой системы к наземной части растения. Поэтому, например, скорость движения водного раствора по сосудам деревьев лиственных пород приблизительно в 4 раза больше, чем по сосудам деревьев хвойных пород.

Из почвенного раствора в корневую систему поступают также неорганические вещества, и в этом процессе диффузия играет большую роль, но не единственную. Советский физиолог Д. А. Сабинин



процесс вбирания неорганических веществ растениями разделяет на несколько этапов. Первым этапом он считает процесс обменной адсорбции, который состоит в том, что в корнях, погруженных в почвенный раствор, одни ионы обмениваются на другие. Например, в процессе дыхания растений выделяется угольная кислота, которая в воде диссоциирует на ионы H^+ и HCO_3^-. Они меняются местами с соответствующими им по знаку и по значению заряда ионами почвенного раствора K^+, NO_3^-, PO_4^{3-} и др. Второй этап — проникновение поглощенных ионов в клетку, где органические вещества передают их от одной молекулы к другой. Далее неорганические вещества попадают в вакуолю, здесь они сохраняются и по мере необходимости расходуются клеткой. Мы не вникаем в этот механизм, нам только важно понять, что он был бы невозможен без движения частиц вещества, без взаимодействия этих частиц: невозможны были бы ни растворение неорганических веществ, ни процессы адсорбции, ни перенос неорганических веществ молекулами, ни проникновение их в вакуоли, ни биохимические реакции в клетке.

О растворах и химических реакциях в них. Можно с уверенностью сказать, что жизненные процессы в клетке происходят в растворах. Почему природа выбрала именно это состояние вещества для осуществления биохимических реакций? Со времен алхимиков известно утверждение: «Нежидкое не реагирует». Его можно уточнить: нежидкое реагирует не так, как это необходимо для поддержания процессов жизнедеятельности в клетке. Твердофазные реакции протекают в тысячи и миллионы раз медленнее, чем

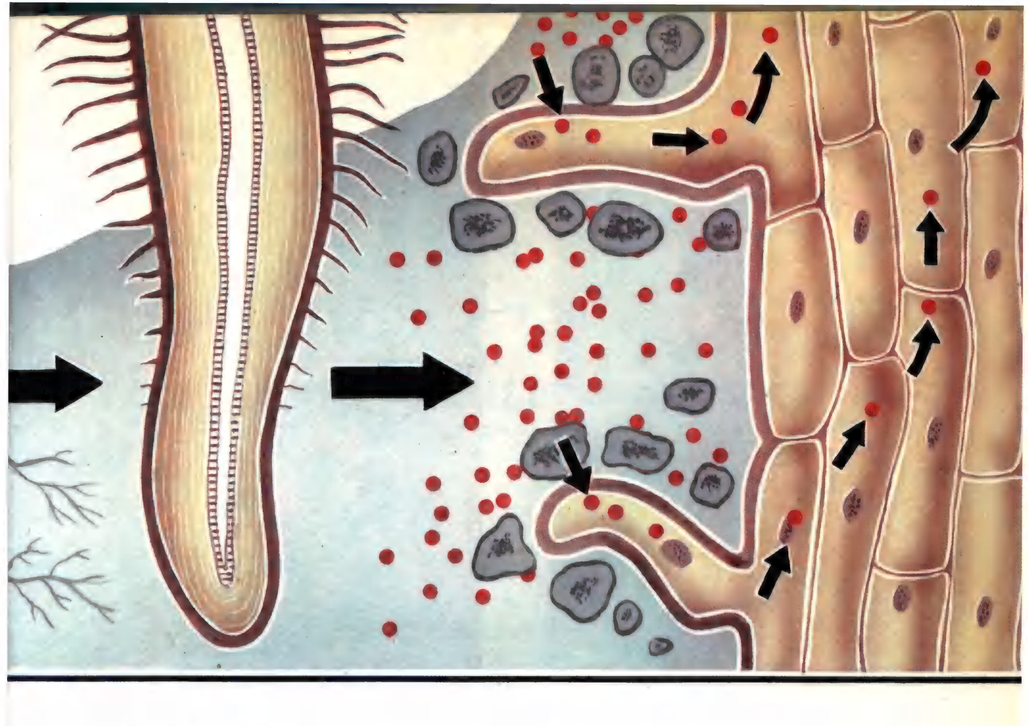


жидкофазные, их скорость ограничена медленным процессом диффузии продуктов реакции от поверхности раздела фаз в глубь вещества. Скорость реакций в газовой фазе по сравнению с жидкой также меньше, хотя на первый взгляд это может показаться невероятным. Ведь известно, что скорость химической реакции пропорциональна числу активных соударений молекул реагирующих веществ. В газовой фазе при равной температуре с жидкой фазой число соударений молекул в единицу времени должно быть больше хотя бы потому, что в растворе соударениям молекул реагирующих веществ будут мешать молекулы растворителя. Различие скоростей протекания реакций в газовой и жидкой фазе можно объяснить, если учесть характер движения молекул в газах и жидкостях. В газах расстояния между молекулами во много раз больше размеров самих молекул, которые движутся с огромными скоростями, изредка сталкиваясь. В жидкостях молекулы расположены почти вплотную друг к другу; каждая молекула находится в тесном окружении других молекул, она не может свободно перемещаться, как молекула газа. Она колеблется около положения равновесия, сталкиваясь с другими, и совершает перескоки из одного положения в другое, попадая из окружения одних молекул в окружение других, как бы вырываясь из одной клетки и попадая в другую. Вырваться из «клетки» молекула может, только затратив некоторую энергию, поэтому время пребывания молекул реагирующих веществ друг около друга в растворах больше, чем в газах, значит, больше вероятность их взаимодействия, а значит, и скорость реакций.



Каким же должен быть «жизненный» растворитель? Любую разновидность химических взаимодействий в растворах можно свести к кислотно-основным взаимодействиям. В сильнокислых или сильноосновных растворителях не может быть того разнообразия химических процессов, которые приводят к образованию живого вещества. Например, писатели-фантасты часто пишут о том, что на других планетах в реках течет аммиак или плавиковая кислота. Если бы растворителем были эти вещества, то ни о каком разнообразии химических реакций в таких растворах не могло быть и речи: в плавиковой кислоте все вещества вели бы себя как основания, а в аммиаке — как кислоты. В «жизненном» растворителе число кислот должно соответствовать числу оснований, т. е. растворитель должен быть амфотерным. Этому условию хорошо удовлетворяет вода. У воды имеется еще одно свойство, которым должен обладать «жизненный» растворитель,— большая диэлектрическая проницаемость ($\varepsilon = 81$), благодаря чему она является идеальным растворителем.

Каждый живой организм может рассматриваться как водный раствор, вода — поистине живая. Не захотелось ли вам после наших рассуждений попить воды? Зачерпните воды из озера... Только прежде, чем пить ее, вспомните андерсеновскую «Каплю воды»: «Если через увеличительное стекло посмотреть на каплю воды, взятой из пруда, то увидишь тысячи диковинных зверьков, которых вообще никогда не видно в воде, хотя они, без всякого сомнения, там есть». Невидимые нами существа без голов, без глаз, без ртов. Как они едят, пьют?

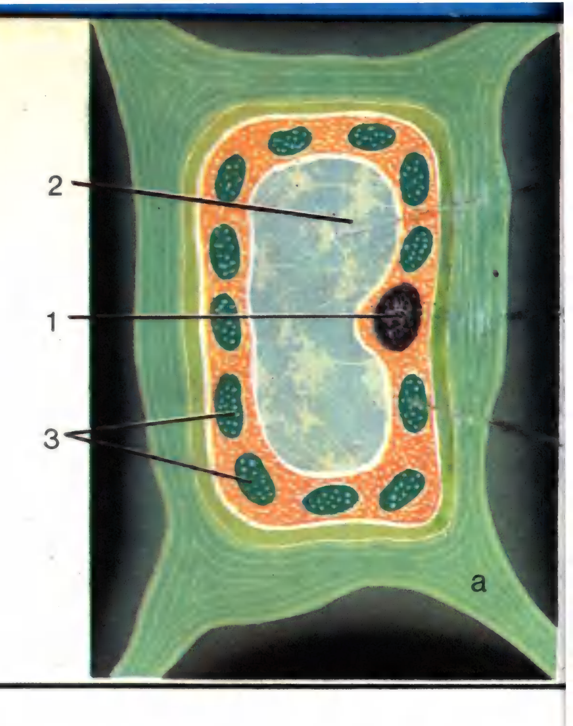


Диффузия в процессах питания. Питательные вещества, как и вода, в одноклеточные организмы поступают через всю поверхность их тела благодаря явлению диффузии. Без диффузии не обходятся процессы питания и во всех других организмах. Рассмотрим, например, схему всасывания питательных веществ в кишечнике млекопитающих (рис. 6; цифрами на рисунке обозначены: *1*— микроворсинки, *2*— ферменты на поверхности микроворсинок, *3*— капилляры, *4*— частицы питательных веществ). Нетрудно прийти к выводу, что без диффузии было бы невозможно проникновение частиц питательных веществ из кишечника в кровь. Без диффузии... Каким вообще был бы мир без диффузии? Прекратись тепловое движение частиц — и вокруг все станет мертвым. Превратятся в безжизненные, оледеневшие фигуры растения, животные. Не станет вокруг Земли атмосферы — с прекращением теплового движения молекулы воздуха притянутся к Земле. Вокруг ни звука, ни ветра... На черном небе еще несколько минут будет видно Солнце — столько, сколько времени будут идти от него последние лучи... Какая страшная сказка! Хорошо, что она невозможна даже в мыслях, потому что мы знаем — тепловое движение частиц в окружающем мире вечно.

Как видим, законы физики действуют и в живой природе. Однако нужно помнить, что биологический объект — не только физическое тело, но и часть живой природы; он находится на более высоком уровне организации материи.

При помощи только физических законов нам никогда не объяснить, например, явление всасывания питательных веществ в ки-

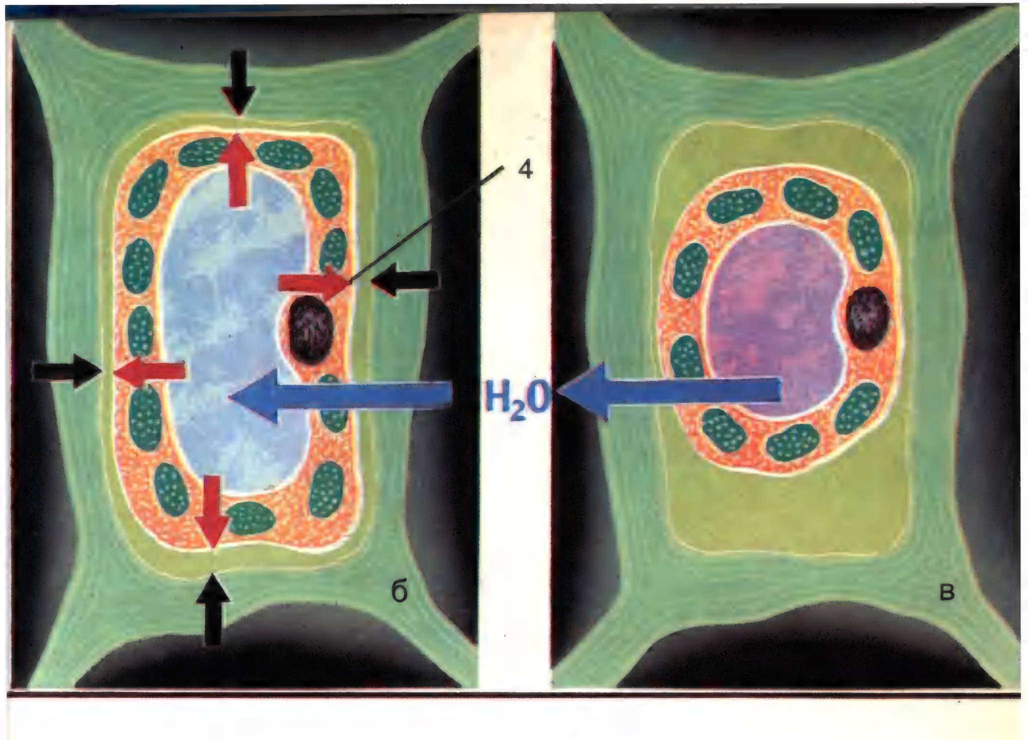




шечнике, потому что в этом процессе главную роль играет не явление диффузии, а деятельность клеток эпителия, обладающего избирательной проницаемостью для различных веществ. С помощью метода меченых атомов удалось выяснить, что вода из кишечника всасывается в 100 раз быстрее, чем это следует из законов осмоса и диффузии.

Физико-химические процессы в биологических структурах приводят к результатам, которые нельзя полностью объяснить только на основе физических и химических законов.

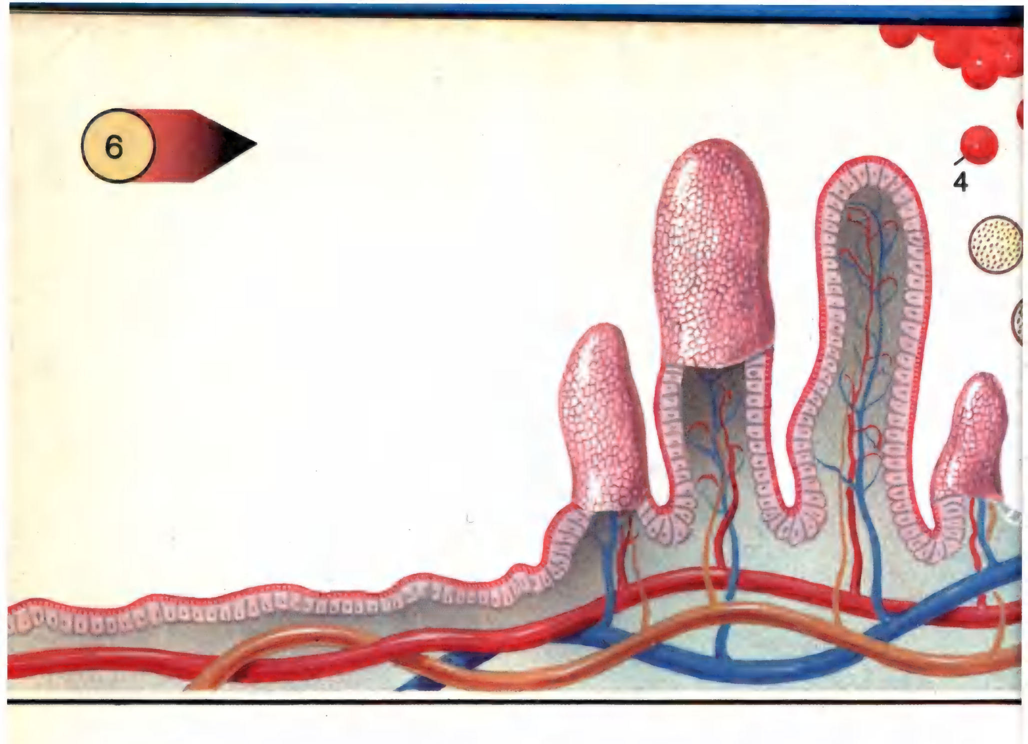
Воздушный замок (о гидрофильных и гидрофобных связях). Пока мы размышляли, паук-серебрянка построил себе дом. Как красив этот воздушный замок — настоящий водолазный колокол. В нем паук сможет спокойно провести зиму: кислород, который всегда есть в воде, вследствие диффузии будет проникать через пленку колокола и таким же путем будет выходить углекислый газ... Ради любопытства не нужно разрушать дом паука — более двух часов он трудился только над тем, чтобы сплести паутину, натянуть ее между стеблями трав. Потом много раз поднимался на поверхность, нырял под воду с пузырьками воздуха между волосков на теле и под паутиной снимал их с себя. Вот они собрались под паутиной в один большой пузырь, благодаря выталкивающей силе паутина прогнулась, поэтому форма дома получилась в виде колокола. Наверное, дом показался пауку тесным и он снова поднялся на поверхность за новой порцией воздуха. Посмотрите, вот паук нырнул под воду, окруженный как бы целлофановым блестящим мешочком... А что, если бы ему действительно



приходилось воздух «упаковывать»? Из какого вещества он мог бы образовывать пленку? Об этом стоит подумать.

Видели ли вы когда-нибудь растекающуюся по поверхности воды камфору или олеиновую кислоту? Эти вещества принадлежат к поверхностно-активным веществам (ПАВ), они способны образовывать пленки на поверхности воды. Молекулы таких веществ состоят из двух частей: неполярной (например, состоящей из углеводородных радикалов $—CH_2$, $—CH_3$) и полярной (например, состоящий из групп $— OH$, $—COOH$ и др.). «Отношения» полярных и неполярных групп с молекулами воды складываются по-разному, что обусловлено строением молекул воды.

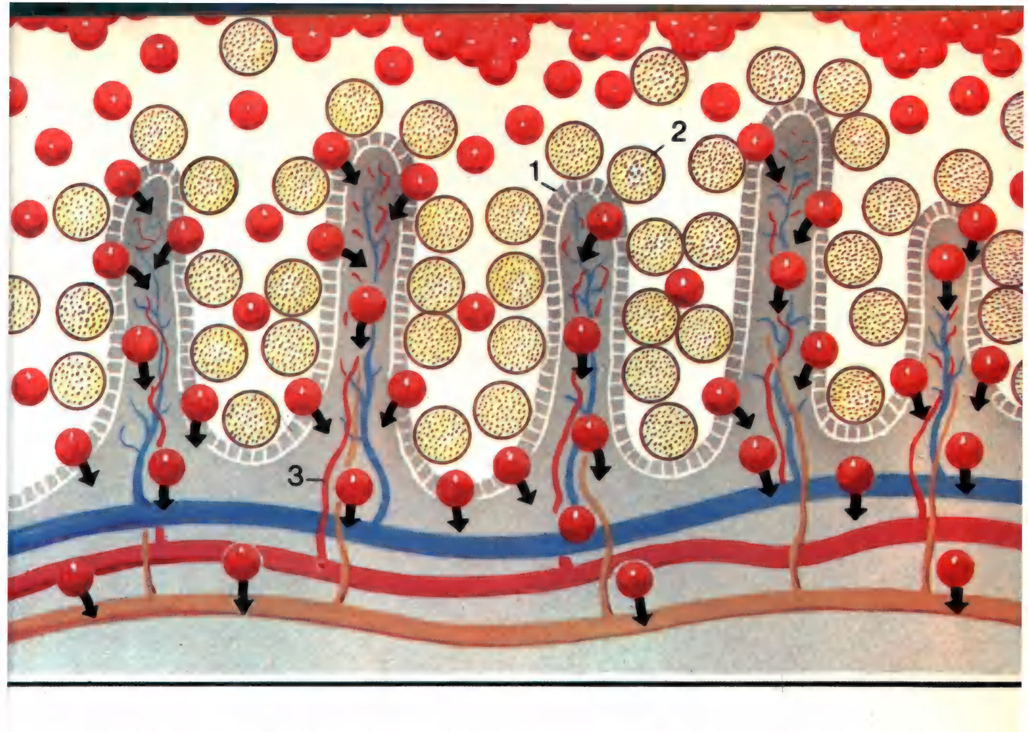
Молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. Электронные облака атомов водорода в ней смещены к атому кислорода (рис. 7, *а*), вследствие чего молекула воды представляет собой систему двух одинаковых по значению и различных по знаку электрических зарядов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга,— диполь (рис. 7, *б*). Поэтому молекулы воды охотно вступают во взаимодействия с полярными молекулами или полярными группами молекул. Вещества, в которых они преобладают, гидрофильны — «любят воду» («гидро» — вода, «филео» — любить). С неполярными молекулами или неполярными группами молекул молекулы воды контактируют неохотно: молекулы воды сильнее притягиваются друг к другу, чем к неполярным молекулам или группам молекул, последние как бы отталкиваются от молекул воды — «боятся» ее. Такие вещества,



состоящие из неполярных молекул или молекул, в которых преобладают неполярные группы, гидрофобны («гидро» — вода, «фобос» — страх), вода плохо смачивает их и слабо растворяет.

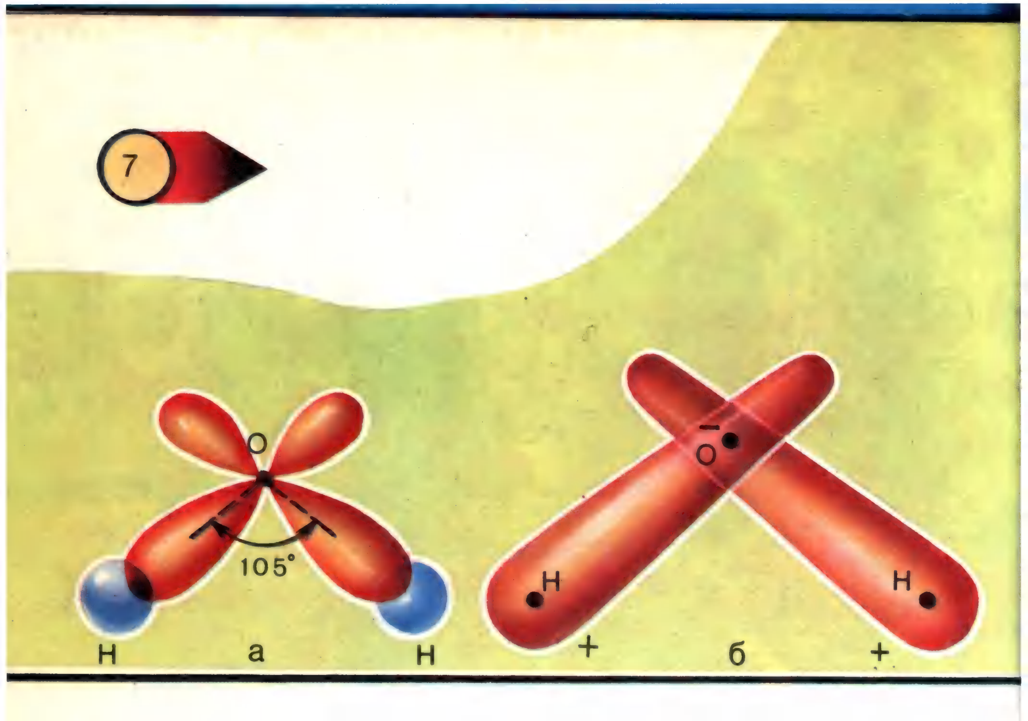
У поверхностно-активных веществ молекулы состоят из двух частей — гидрофобной и гидрофильной. Гидрофильная часть этих молекул обусловливает распределение веществ по поверхности воды — полярные части молекул вступают в электростатические взаимодействия с молекулами воды, они как бы «купаются» в воде. Гидрофобная часть молекул, «отталкиваясь» от молекул воды, выносит вещество на поверхность — эти части молекул как бы «торчат» над водой (рис. 8, *а*; *R* — углеводородная группа). Между частями молекул ПАВ должно быть определенное соотношение, т. е. гидрофобно-гидрофильный баланс. Если гидрофильная часть слабее гидрофобной, то молекулы вещества не будут образовывать на поверхности воды пленки, а соберутся в капли, подобные каплям жира на поверхности бульона. Если же гидрофильная часть молекулы гораздо сильнее гидрофобной, то вещество будет растворяться в воде, не будет выталкиваться водой на поверхность, т. е. не будет обладать поверхностной активностью.

Многие обитатели озер приспособлены к использованию гидрофобности или гидрофильности веществ. Утка, сколько бы ни ныряла за кормом, остается сухой — она регулярно смазывает перья гидрофобным веществом — жиром. Шустрые водомерки и береговые пауки обуты в гидрофобные «башмачки» — их ноги не прокалывают воду, а только прогибают ее (рис. 8, *б*).



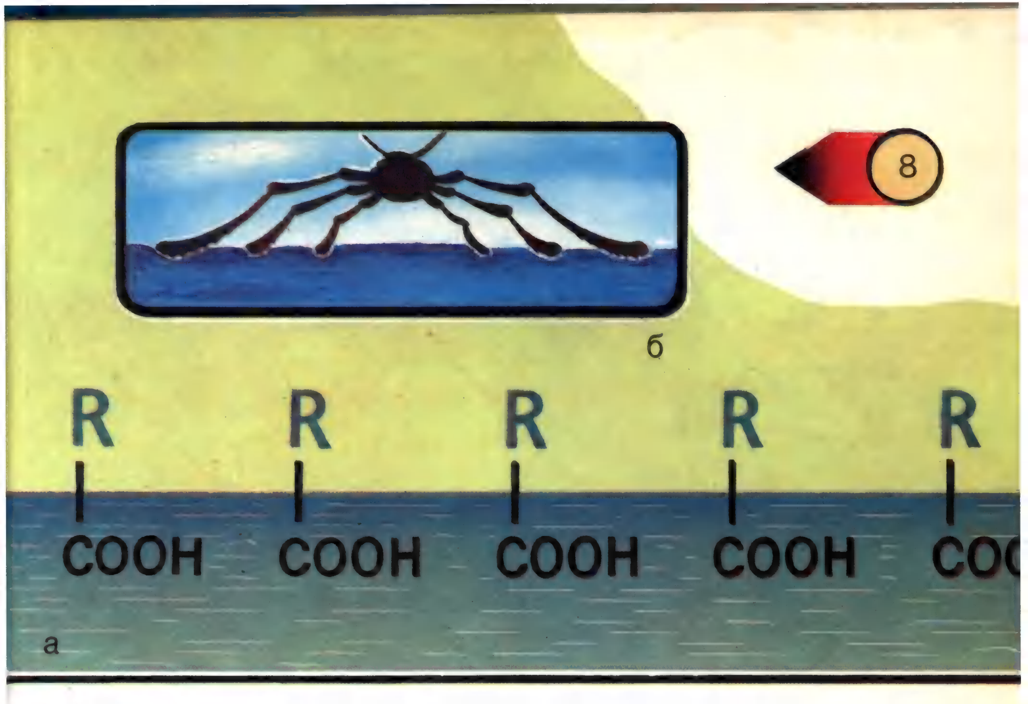
Как привольно обитателям озера летом! А что будет с ними зимой, когда вместо цветочной пыльцы над озером будут летать снежинки? Многие из них спрячутся на дне и впадут в зимнюю спячку. Хорошо еще, что озеро покроется льдом. А если бы вода, как большинство тел, при охлаждении сжималась и лед не плавал?

Почему лед плавает? (О водородных связях, о тепловых свойствах воды.) Как будто бы детский вопрос, а ответить на него не так просто. Можно сказать, что плотность льда меньше, чем воды. Но почему? Выясним, как расположены молекулы воды и льда. Со строением молекул воды мы уже знакомились. Обратим внимание на то, что связи Н—О в молекуле воды поляризованы и что угол между ними около 105° (см. рис. 7), так что молекулу воды можно представить в виде треугольника. Вследствие того что электронные облака атомов водорода в молекуле воды оттянуты к атому кислорода, ядра атомов водорода способны взаимодействовать с неподеленными парами электронов атомов кислорода соседних молекул воды — между молекулами воды образуются водородные связи. Каждая молекула воды имеет два атома водорода и две неподеленные пары электронов, значит, она может образовывать водородные связи с четырьмя соседними молекулами воды. Именно такова структура воды в состоянии льда (рис. 9, *а*). Из-за относительной длины связей Н—О структура льда неплотная, в ней имеются пустоты, соизмеримые с размерами молекул воды. При плавлении льда его кристаллическая решетка разрушается не до отдельных молекул, образуются их ассоциаты.



Это явление состоит в том, что молекулы вещества соединяются в удвоенные, утроенные и т. д. ассоциированные молекулы. При этом, конечно, могут быть и отдельные молекулы. Они заполняют пустоты, которые имелись в кристаллической структуре льда (рис. 9, *б*), поэтому плотность воды при повышении температуры от 0 до 4 °С увеличивается. Дальнейшее повышение температуры приводит к увеличению расстояния между молекулами и ассоциатами, а также размеров молекул вследствие увеличения интенсивности колебаний атомов в молекулах — плотность воды уменьшается.

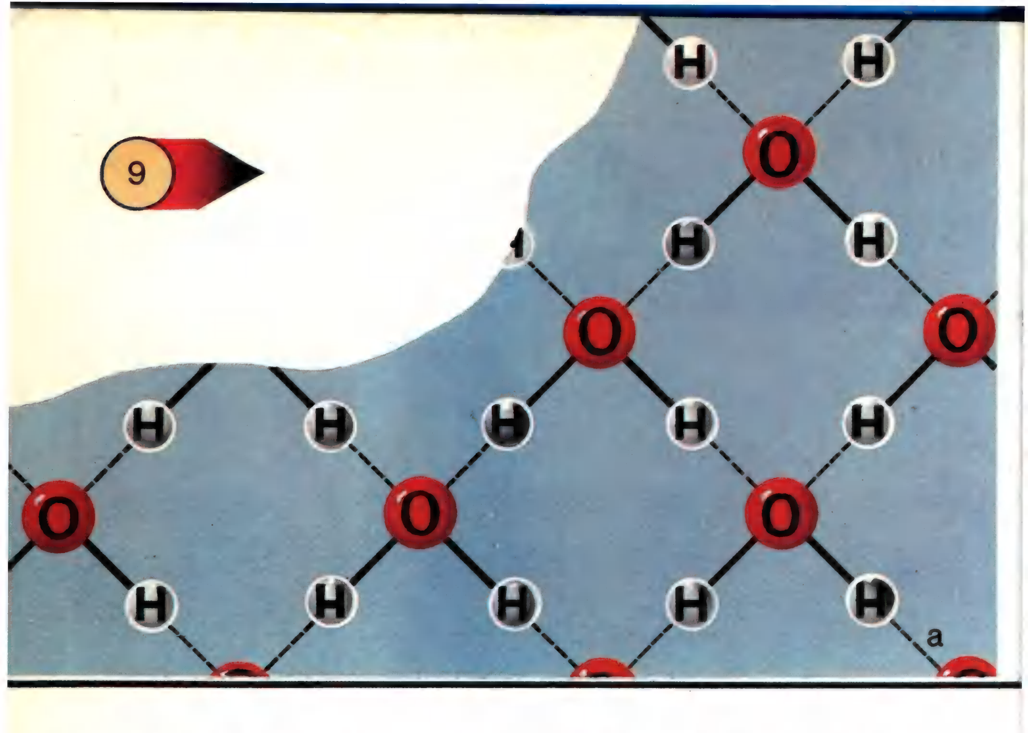
Как мы уже говорили, в жидком состоянии вода состоит из отдельных молекул и ассоциатов типа $(H_2O)_x$. При повышении температуры водородные связи в них разрываются, на что затрачивается значительная энергия. Поэтому вода среди самых распространенных в природе жидкостей имеет наибольшую удельную теплоемкость. Это свойство и обусловливает ее большую роль в природе. Так, благодаря большой теплоемкости Мирового океана сглаживается резкость температурных переходов от зимы к лету и наоборот, что позволяет живым организмам постепенно приспосабливаться к новым сезонным условиям. Вода стоит на первом месте среди веществ, которые входят в состав клетки (ее масса составляет почти 80% массы клетки), что способствует поддержанию стабильности температуры тела организмов. Наверное, вы слышали, как о ком-нибудь говорят: «Да он же золотой человек!» А если бы человек на самом деле был бы из «золота», в частности, если бы удельная теплоемкость его тела была такой же, как



у золота? Такое даже вообразить страшно: от стакана горячего чая его температура повышалась бы на 8—10 °С, а ведь мы чувствуем себя больными при повышении температуры нашего тела даже на доли градуса.

Особенностью строения молекул воды, их способностью образовывать водородные связи объясняются и другие удивительные свойства воды, которые делают ее жидкостью, незаменимой в живой природе. Например, в живой природе большое значение имеет тот факт, что вода обладает большой удельной теплотой парообразования (обусловлено это тем, что перед переходом воды из жидкого состояния в газообразное необходимо разрушить водородные связи в ассоциатах воды, на что затрачивается гораздо бóльшая энергия, чем на разрыв межмолекулярных связей, например, эфира или спирта). Благодаря испарению воды с поверхности организмов регулируется их температура. Даже в жару листья растений кажутся прохладными — с них все время испаряется вода, а как вы знаете, при испарении воды массой 1 г тело теряет 2430 Дж энергии. Например, одно растение кукурузы или подсолнечника испаряет за время своего существования около 200 кг воды.

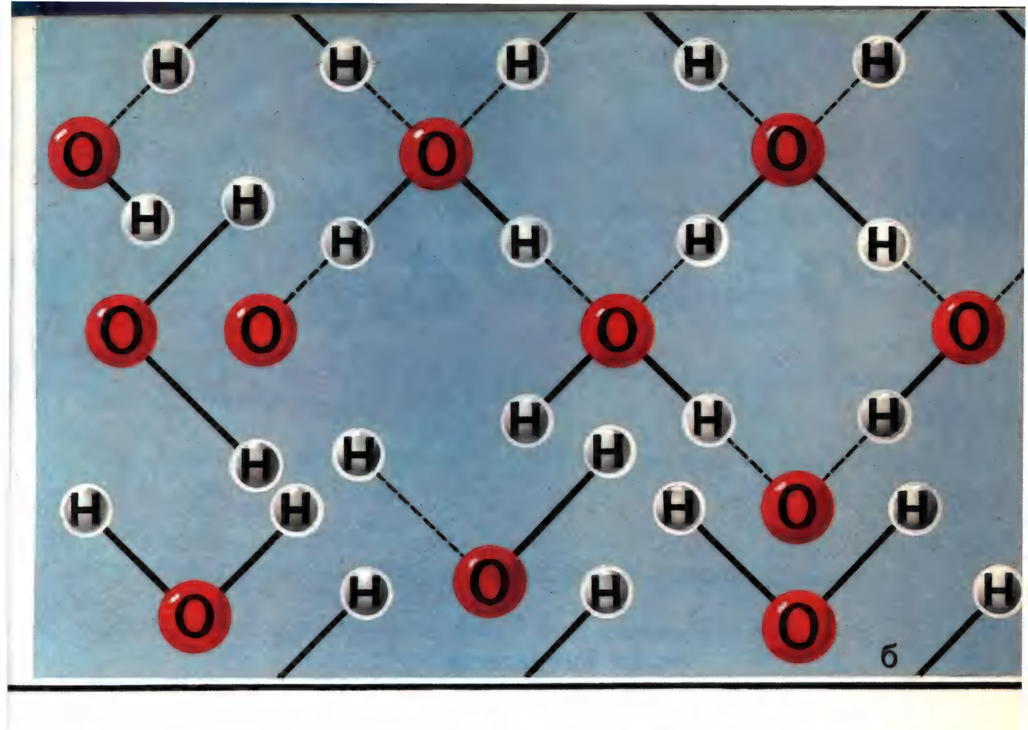
Представьте теперь, что у воды такая же удельная теплота парообразования, как у эфира (для воды она равна $2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг, для эфира — $3,5 \cdot 10^5$ Дж/кг). «Эфироподобной» воды испарялось бы почти в 6 раз больше. Что за туман стоял бы над кукурузным полем или в березовой роще! Даже на размерах живых организмов отразилось бы изменение этого свойства воды.



Известно, что за целый день тяжелой физической работы (например, при колке дров) человек теряет до 10 л пота. Удельная теплота парообразования пота несколько больше, чем воды ($2{,}436 \cdot 10^6$ Дж/кг).

Если бы пот во время работы не выделялся и не испарялся, то тело не охлаждалось бы и человек мог бы перегреться. Несложные расчеты показывают, что за день такой работы человек «нагрелся бы» до 100 °С. Основой пота является вода, именно она обусловливает большую удельную теплоту парообразования пота.

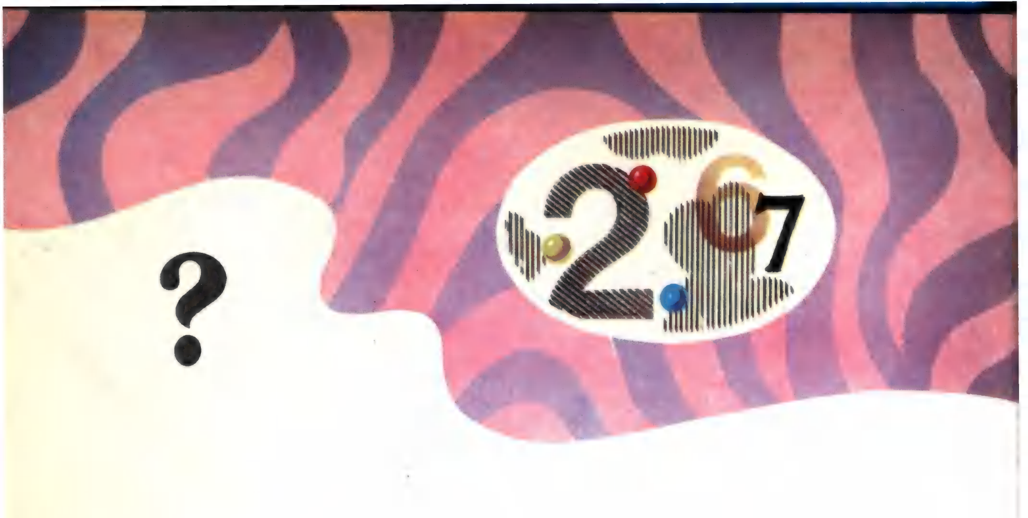
А если бы основой пота была «эфироподобная» вода? В таком случае при тяжелой работе в организме человека должно было бы выделиться в 6 раз больше пота, человеку пришлось бы во столько же раз больше выпить жидкости. А так как вода к каждой клетке приносится с кровью, то сердцу за это же время пришлось бы перекачать в 6 раз больше крови. Представьте, как должны были бы измениться размеры сердца человека, да и не только сердца — всех органов. И у всех животных... Изменись хоть одна характеристика воды, и мир станет другим. Скажем, если бы удельная теплота плавления льда стала такой же, как, например, удельная теплота плавления свинца. Тогда затрачивалось бы в несколько раз меньшее количество теплоты, чтобы расплавить весной снег и лед, быстрое таяние снегов и льдов вызывало бы большие наводнения, талая вода сбегала бы с полей, лесов и лугов, не успев напоить молодые растения, вёсны стали бы совершенно другими...



Можно долго фантазировать на эту тему. Но вода — самая удивительная жидкость на Земле — по своим свойствам превосходит всякую фантазию. Благодаря им вода является основой крови, лимфы, слюны, желчи, желудочного сока, растительных соков.

В каждой капле воды — множество жизней. Здесь обитают представители всех типов низших растений, большинства типов безпозвоночных животных и почти всех классов позвоночных. В воде животные и растения прошли долгий путь развития, а уже потом, когда появились высокоорганизованные формы, некоторые из них вышли на сушу. Мелкие микроскопические организмы, находящиеся во взвешенном состоянии в толще воды, составляют планктон — основной трансформатор солнечной энергии в водной среде. В этом смысле вода — живая. «Вода!.. Ты не просто необходима для жизни, ты и есть сама жизнь!..»— писал Антуан де Сент-Экзюпери. Чтобы на Земле продолжалась жизнь, необходимо беречь природные водоемы. Ведь их обитатели очень чувствительны ко всему чужеродному. Например, караси ощущают растворенные в воде вещества в концентрации 10^{-14} г/см^3.

Если в воду попадут инородные, отравляющие вещества, то экологическая система, которая слагалась и поддерживалась на протяжении тысячелетий, будет нарушена. Бездушность или бездумность людей за короткое время может уничтожить то, что создавалось в природе веками. Каждый из живущих на Земле должен беречь жизнь рек и озер. Ведь это и твоя жизнь, и жизнь тех, кто будет после тебя.



1. Прочитайте отрывок из стихотворения П. Дудника:

Говорят,
Что на восемьдесят
    процентов
Из воды состоит человек.
Из воды — добавлю —
    родных его рек.
Из воды — добавлю —
    дождей, что его напоили.
Из воды — добавлю —
    из древней воды родников,
из которых его и деды,
    и прадеды пили...

Как вы понимаете этот текст с точки зрения своих знаний о составе живого вещества и о роли воды в живой природе?

2. Почему альпийские растения низкорослы? Почему во всех частях этих растений сахара накапливается больше, чем у таких же растений, находящихся не в альпийской зоне?

3. В низовьях Днестра и Дуная живет умбра, или рыба евдошка. Дышит она не так, как другие рыбы. Плавательный пузырь у нее связан с глоткой широким протоком. Высунувшись из воды, рыба набирает воздух в пузырь, который густо оплетен кровеносными сосудами. Из пузыря кислород проникает в кровь. Воздух, насыщенный углекислым газом, рыба выталкивает через рот. Чем объяснить такие изменения в органах дыхания этой рыбы?

4. В теле взрослого человека имеется до 160 млрд. капилляров. Благодаря этому каждая клетка через тканевую жидкость

снабжается необходимыми питательными веществами и кислородом. Смачивает ли кровь стенки капилляров?

5. Какие физические процессы играют роль при приживании привоя к дикому дереву?

6. Почему перед заморозком рассаду помидоров, огурцов следует обильно поливать?

7. Большой сосуд с водой, помещенный в погреб, предохраняет овощи от замерзания. Почему?

8. Какая почва прогревается солнцем быстрее: влажная или сухая?

9. В ясный весенний день температура воздуха 10 °С, относительная влажность 80%. Будет ли ночью заморозок?

10. Почему в лиственных лесах прохладно даже в жару?

11. Почему в резиновой одежде трудно переносить жару?

12. Почему сильная жара труднее переносится в болотистых местностях, чем в сухих?

13. Какова роль сахара и соли при консервации продуктов? Почему при этом необходимо соблюдать определенную норму?

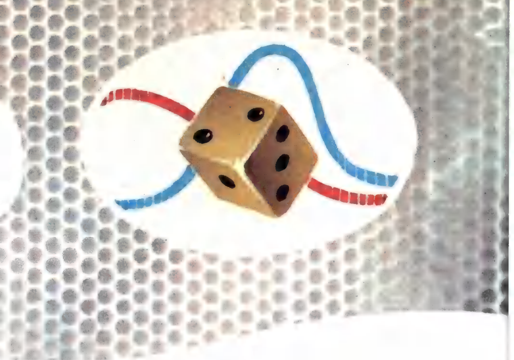
14. Если растереть в ступке таблетку фенолфталеина и добавить несколько гранул щелочи, то между этими веществами реакция не наблюдается. Что надо сделать, чтобы реакция происходила?

Литература

Астафуров В. И., Бусев А. И. Строение вещества.— М.: Просвещение, 1984.

Волькенштейн М. В. Перекрестки науки.— М.: Наука, 1972.

Фиалков Ю. Я. Не только вода.— М.: Химия, 1976.



Статистический характер величин и законов

И в физике, и в химии, и в биологии встречаются статистические закономерности. Их основное отличие, например, от законов механики состоит в том, что статистические закономерности управляют системами, состоящими из огромного числа объектов, подверженных случайным событиям. Случайными называют события, которые зависят от множества причин, связи между которыми не представляется возможным установить. При многократном повторении случайных событий проявляются определенные закономерности. Например, поведение газа при определенных условиях может быть объяснено только на основании статистических законов. Бессмысленно их применять к объяснению поведения нескольких молекул. Да ведь и газом их нельзя назвать. Слово «газ» происходит от греческого «хаос» — полный беспорядок, неразбериха. Если же в сосуде движется несколько молекул, то можно проследить за их движением и предсказать, как они будут двигаться. По отношению к этим молекулам нельзя говорить, например, о давлении газа на стенки сосуда, тем более нельзя пользоваться формулой $p=\frac{1}{3}nm\bar{v}^2$, где p — давление, n — число молекул в единице объема, m — масса молекулы, $\bar{v}^2$ — среднее значение квадрата скорости. Ведь в таком «газе» в единице объема может не оказаться ни одной молекулы! При переходе к небольшому числу частиц действие статистических закономерностей ослабевает, в то время как законы механики применимы к объяснению поведения как системы частиц, так и нескольких частиц или одной частицы.

Обратимся еще раз к формулам давления газа $p=\frac{1}{3}nm\bar{v}^2$ и средней кинетической энергии теплового движения $\bar{E}=\frac{3}{2}kT$. Пользуясь ими, можно определить среднюю квадратическую скорость молекул газа; можно найти, какой процент молекул газа от их общего числа будет иметь скорость, близкую к этому значе-

нию. Но эти формулы не позволят нам узнать, какую скорость в данный момент времени будет иметь интересующая нас молекула. Ее скорость может как угодно отличаться от средней квадратической скорости. Иначе говоря, статистические закономерности, изучаемые в молекулярной физике, управляют поведением макросистем; «судьбой» микрообъектов, их составляющих, эти закономерности не управляют. Чтобы узнать, как будет вести себя та или иная частица, следует использовать другие закономерности, например законы Ньютона.

Может возникнуть вопрос: если статистические закономерности не определяют поведение частицы, входящей в систему, в каждый момент времени, то какое отношение они вообще имеют к отдельным частицам, составляющим систему? Самое прямое. В каждый момент времени частица может иметь скорость, как угодно отличающуюся от средней квадратической скорости, определяемой температурой газа. Но если мы будем следить за ней на протяжении многих промежутков времени, определяя в каждый из них скорость, а затем найдем среднюю квадратическую скорость по всем промежуткам времени, то она будет совпадать со средней квадратической скоростью, вычисленной из приведенных выше формул для давления газа или средней кинетической энергии. Статистические закономерности утрачивают свою силу при переходе к небольшим промежуткам времени наблюдения за отдельными частицами системы или к небольшому числу частиц. Для систем, состоящих из огромного числа частиц, они так же точны, как и законы механики.

Законы механики — исторически первые законы, которые были применены для объяснения явлений окружающего мира. Это было время господства механической картины мира. Согласно научному мировоззрению того времени в мире правили строгие однозначные законы, не допускающие никаких случайностей. Течение всех процессов определялось начальными условиями, мир представлялся состоящим из вечных, неделимых частиц, движение которых всегда можно описать с помощью законов механики.

Согласно представлениям того времени чья-то смерть или рождение, хорошая погода сегодня или война в будущем были предопределены миллионы лет назад и обусловлены расположением и скоростью частиц, составляющих Вселенную. Однотипность законов при объяснении всех явлений природы — один из основных принципов механической картины мира. «Природа проста и не роскошествует излишними причинами»,— утверждал один из создателей механической картины мира — Исаак Ньютон. С открытием статистических закономерностей, которые вошли в науку с работами Дарвина, Максвелла, Больцмана, начали формироваться новые представления о мире, которые более адекватно, чем прежние, отражали существующие в нем взаимосвязи.

На уроках биологии вы знакомились с учением Ламарка. Являясь по своей сути механистическим, оно для своего времени

было прогрессивным, так как утверждало идею эволюции в живой природе. Постараемся понять, в чем проявлялся механицизм этого учения. Движущую силу эволюции Ламарк видел в изменяющихся условиях окружающей среды. По Ламарку, их изменение вело к изменению деятельности животных, которое выражалось в изменении использования тех или иных органов, вследствие чего изменялись их форма и функции. Усиленное упражнение органов укрепляло их, а те органы, которые мало использовались, ослаблялись. Ламарк считал эти изменения наследственными. Поэтому неупражняемые органы у данного вида должны были постепенно исчезнуть, вместо них могли появиться новые, более полезные виду в данных условиях. Например, у уток перепонки на ногах появились потому, что каждая из них при плавании растягивала пальцы, чтобы сильнее отталкиваться от воды. У змей постепенно исчезли ноги, так как они мешали им при ползании, и т. д. Мы видим, что Ламарк объясняет усовершенствование каждого индивидуума и вида в целом одними и теми же причинами, аналогично тому как законами механики объяснялись и движение системы частиц, и движение отдельной частицы, входящей в состав этой системы.

Объяснить же, как животные совершенствовали те или иные органы, например как мотылек мог «упражнять» расцветку крыльев или пятнистый олень окраску шерсти, как могли появиться у птиц перья или у животных шерсть, учение Ламарка не могло.

На эти вопросы смог ответить Дарвин. Его закон естественного отбора учитывает проявление случайностей в окружающем мире (как и законы молекулярной физики). В своем учении Дарвин исходил из того, что живые организмы претерпевают не только полезные, но также безразличные и вредные изменения. Полезные изменения дают особям преимущество в выживании, вероятность проявления этих изменений в дальнейших поколениях значительно больше, чем безразличных или тем более вредных. Например, случайно появившиеся пятнистые олени имели больше шансов выжить и дать потомство, чем однотонные, так как они были менее заметны под сенью деревьев на фоне солнечных зайчиков; аналогично случайно появившихся ярко раскрашенных мотыльков птицы чаще принимали за цветы и поэтому не обращали на них внимания.

Таким образом, закон естественного отбора объясняет эволюцию вида в целом, «судьбой» же каждой особи в нем он не управляет: не обязательно каждый детеныш должен быть приспособлен к окружающей среде лучше, чем его родители. (Аналогично по формулам $\bar{E} = \frac{3}{2}kT$ и $\bar{E} = \frac{1}{2}m\bar{v}^2$ можно вычислить скорость определенного числа молекул газа, но не данной молекулы в данный момент времени.)

Наши рассуждения, очевидно, утомили вас. Давайте отдохнем, пройдем вдоль берега реки.

Утреннее солнце еще не успело разогнать над водой туман, но он становится все реже и реже. Интересно, какая сейчас температура воздуха, если туман прямо на глазах тает? Можно ли, используя формулу $\overline{E}=\frac{3}{2}kT$, определить ее? Попробуем это сделать. Поскольку температура воздуха и капель тумана одинакова, то определим ту температуру воды в каплях, при которой происходит ее испарение. Для этого нам надо знать энергию, которую должна иметь молекула воды, чтобы оторваться от поверхности капельки тумана. Зная постоянную Авогадро и взяв из таблицы значение теплоты парообразования одного моля воды, найдем, что энергия переходящих в газовую фазу молекул воды должна быть не менее $6{,}79\cdot10^{-20}$ Дж. Если подставить это значение в формулу $\overline{E}=\frac{3}{2}kT$ и вычислить температуру, то получится ... 3000 К! А ведь мы знаем, что вода испаряется при температурах, значительно меньших, даже при 273 К, да и на морозе прекрасно сохнет белье. При 3000 К воды вообще не может быть при нормальном давлении. Почему же мы получили такой бессмысленный ответ? Потому что мы, не думая, применили формулу,



а она определяет только среднюю кинетическую энергию молекул воды — капелек тумана, которая значительно меньше энергии особо быстрых молекул, способных оторваться от поверхности капли. В каждый момент времени в капле имеются молекулы, с энергией большей или меньшей, чем средняя кинетическая энергия, определяемая этой формулой. Отклонения энергии молекул от средней кинетической энергии называются флуктуациями энергии теплового движения. Испарение и происходит благодаря флуктуациям. В воде при любой температуре имеются молекулы, энергия которых сравнима с энергией, необходимой молекуле

воды для отрыва от поверхности жидкости. При низких температурах процент таких молекул небольшой, при повышении температуры воды он увеличивается. От поверхности жидкости отрываются именно те молекулы, которые в данный момент обладают необходимой для этого энергией. Кроме того, направление скорости их движения также должно быть благоприятным. В последующие моменты времени вследствие случайных столкновений молекул энергия теплового движения перераспределится и новые молекулы смогут оторваться от поверхности жидкости и уйти в газовую фазу. На интенсивность испарения действует также насыщенность окружающего воздуха паром, ветер. Но не будь флуктуаций энергии теплового движения, не было бы испарения жидкости при любых температурах. Не было бы вечерних и утренних туманов, облаков, дождей...

Туман рассеялся, и оказалось, что мы стоим почти рядом с аистом. Наверное, он здесь охотился все утро, готовя завтрак своим детям, которые еще не умеют летать. Мне вспомнилась история о том, как один «шутник» подбросил в гнездо аистов куриное яйцо. Когда вывелись птенцы, аист заклевал свою подругу, а птенцов выбросил из гнезда. Аист «знает», что у него должны рождаться только аистята, хотя ему, конечно, неизвестно, что все признаки данного вида запрограммированы в молекулах ДНК и передаются из поколения в поколение матричным путем. Физик молекулу ДНК представляет в виде полинуклеотидных цепочек, завитых в двойную спираль. Если в молекулах ДНК половых клеток данного поколения произойдет случайное изменение структуры какого-то ее участка, то наследственная программа для последующих поколений будет изменена, в них можно будет наблюдать изменение какого-то наследственного признака — мутацию. Чтобы вызвать единичную мутацию, необходимо каким-то образом подвести к молекуле ДНК энергию, соизмеримую с энергией связи ее атомов — около $5 \cdot 10^{-19}$ Дж. Но ведь молекулы половой клетки постоянно находятся среди частиц, обладающих энергией теплового движения, почему же, сталкиваясь с молекулами ДНК, эти частицы не изменяют их структуру?

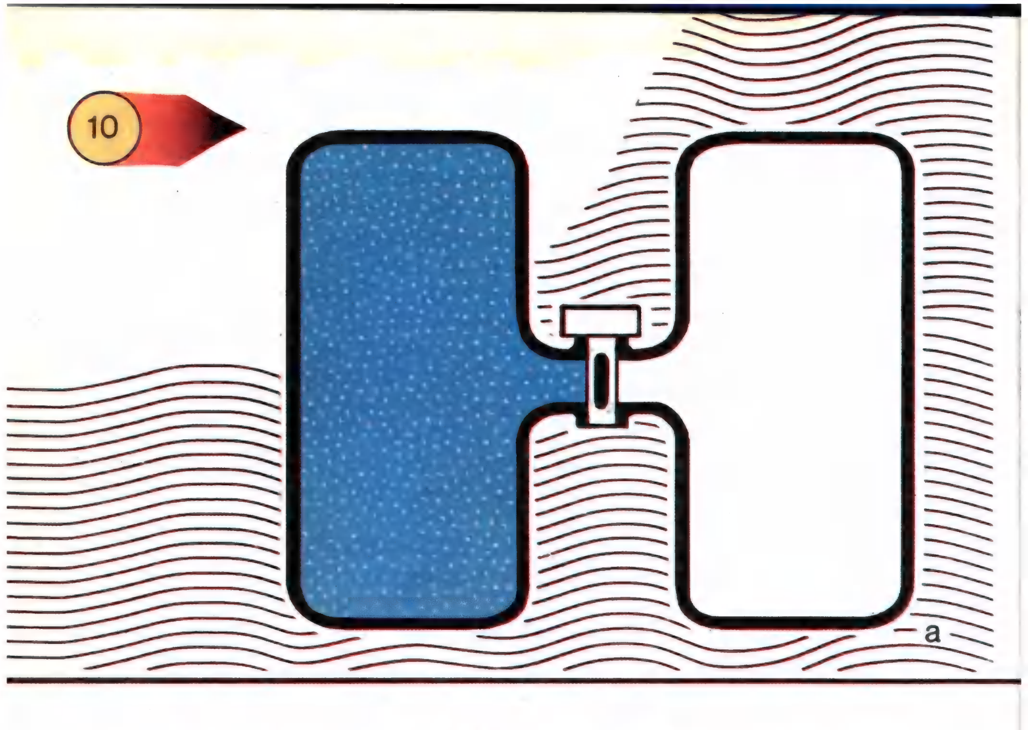
Подсчитаем энергию теплового движения частиц при температуре тела живого организма, например при 37 °С: $\bar{E} = \frac{3}{2}kT = \frac{3}{2} \cdot 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}} \cdot 310\ \text{К} \approx 6 \cdot 10^{-21}$ Дж. Как видим, эта энергия почти в 100 раз меньше, чем энергия, необходимая для изменения структуры одного из участков ДНК. Но можем ли мы категорически утверждать, что тепловые мутации невозможны? Энергия теплового движения большинства частиц половой клетки близка к средней кинетической энергии частиц при температуре тела организма. Однако среди частиц есть и такие, которые обладают большей энергией. Но таких частиц при температуре тела организма очень мало, поэтому и вероятность их столкновения с молекулой ДНК исчезающе мала. Используя открытый Максвел-

лом закон распределения молекул газа по скоростям, мы могли бы приблизительно вычислить, какой процент молекул при температуре тела организма обладает энергией, близкой к 10^{-19} Дж, т. е. такой, при которой возможна мутация. Но указать, какая именно молекула способна вызвать мутацию, мы не можем. Энергию и скорость определенной молекулы в данный момент времени статистические законы найти не позволяют.

В биохимических реакциях, которые происходят в живом организме, принимает участие огромное число частиц; их системы подчиняются статистическим законам и характеризуются макропараметрами — давлением, температурой, внутренней энергией. Эти законы позволяют определить среднюю квадратическую скорость частиц системы, среднюю кинетическую энергию. Но этого недостаточно для понимания механизма протекания химической реакции.

Одно из основных условий протекания химической реакции — непосредственный контакт между молекулами реагирующих веществ. Достаточное число взаимных столкновений частиц реагирующих веществ можно обеспечить, смешивая их и поддерживая необходимую концентрацию частиц в реагирующей смеси. Чем больше концентрация частиц, тем чаще они сталкиваются. Но не каждое из столкновений приводит к реакции. Реакционноспособными являются только активные молекулы, обладающие в момент столкновения некоторым избытком энергии над средней кинетической энергией частиц. Эту энергию называют энергией активации. Энергия активации имеет значение около 10 кДж/моль. Если считать, что средняя кинетическая энергия определяет энергию всех частиц (молекул или атомов) вещества, то при помощи формулы $\overline{E}=\frac{3}{2}kT$ можно определить, что типичные химические реакции должны происходить при температуре около 800 K. А ведь множество реакций — реакции окисления, восстановления, гидролиза — происходит при комнатной температуре. Они возможны благодаря флуктуациям энергии теплового движения. Эти химические реакции происходят и в нашем организме. Представляете, какой должна была бы быть температура нашего тела, если бы они были возможны только при 800 K. В летний день в нашей одежде мы бы чувствовали себя как в лютый мороз... Так что если кто-то скажет, что отдельные соударения молекул для нас не имеют никакого значения, не спешите с ним соглашаться. Наши органы чувств не способны реагировать на движение отдельных молекул, но их соударения, флуктуации их энергий и скоростей очень важны для нас и для всего мира живой природы.

О направлении самопроизвольных процессов. Если вдуматься в микромеханизм явлений, которые происходят вокруг нас, то можно сказать, что мир — это непрерывно хаотически движущиеся атомы и молекулы. Но это как-то не согласуется с тем,

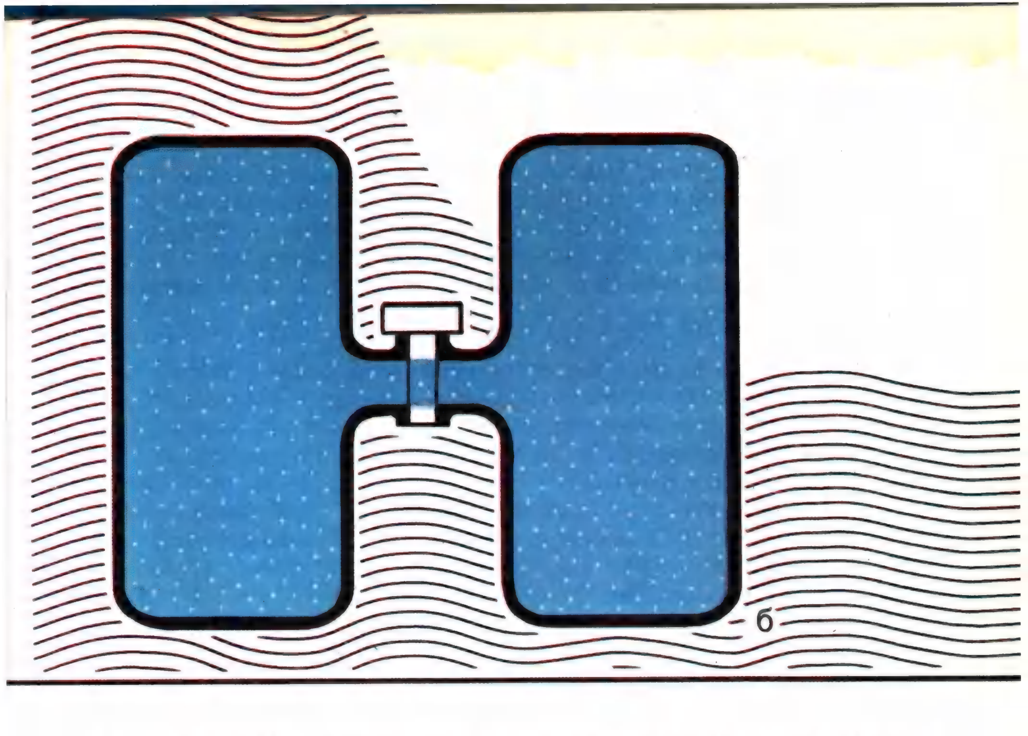


что мы привыкли видеть. Действительно, беспорядочное движение частиц и веками бегущая в одном и том же направлении река, березки на ее берегу, кусты шиповника, цветы... Река бежит к морю, березки растут и стареют, на смену им приходят новые... Солнечные дни сменяются ненастьем, а затем снова светит солнце... Все гармонично в окружающем мире природы и все так или иначе связано с хаотическим тепловым движением частиц. Как же возникает вся эта красота? Не только мы задумывались над этим. Почти такой же вопрос задавал Джон Холл, живший в XVIIв.: «Если то, что мы называем Вселенной, случайно зародилось из атомов, которые неутомимы в своем вихревом движении, то как случилось, что ты так прекрасна, а я влюблен?» Можем ли мы на вопрос, чем объясняется направленность процессов в окружающем мире, дать хотя бы самый общий ответ?

Закон, при помощи которого можно предсказать направление эволюции какой-либо физической системы, называется вторым началом термодинамики. Одна из его формулировок гласит: замкнутая система сама по себе, т. е. самопроизвольно, переходит из менее вероятного состояния в более вероятное.

Чтобы были понятны дальнейшие рассуждения, поговорим немного о теории вероятности.

Теория вероятности — это математическая наука о закономерностях, относящихся к случайным событиям. Вероятностью (обозначают буквой W) называют отношение числа интересующих нас событий к общему числу событий. Числовое значение вероятности всегда находится между единицей и нулем. Если ве-



роятность равна единице, то это означает полную определенность события. Так, например, при бросании игрального кубика мы можем утверждать, что одна из его граней окажется сверху, т. е. вероятность этого события равна 1. А какова вероятность выпадания отдельных чисел, написанных на каждой из граней, например числа 2? Поскольку любая из граней кубика может оказаться сверху, то имеется шесть возможных случаев и один из них благоприятный, так что искомая вероятность равна $W = 1/6$. Вероятность двукратного выпадания числа 2 при двух бросаниях кубика, следующих друг за другом, равна $W = W_1 W_2 = \frac{1}{36}$. На основе предыдущих рассуждений можно прийти к выводу, что n-кратное повторение какого-то события, вероятность однократного появления которого равна W, имеет вероятность W^n.

Применим теперь эти знания к объяснению поведения газа. Пусть два сосуда соединены трубкой с краном, один из сосудов заполнен газом, в другом создан вакуум (рис. 10, *а*). Если открыть кран, то газ заполнит оба сосуда (рис. 10, *б*). На языке теории вероятности этот результат можно сформулировать так: газ переходит из менее вероятного состояния в более вероятное — молекулы газа находились в одном сосуде (были в большем порядке), после расширения газа молекулы распределились по обоим сосудам (беспорядок в их расположении возрос). Снова собраться в первом сосуде молекулы сами по себе не могут — нет возврата к прежнему порядку. Процесс расширения газа необратим. Однако, если кто-нибудь попросит вас подождать, пока все молекулы

расширившегося газа «не соберутся» снова в одном из сосудов, не спешите говорить: «Это невозможно!».

Подумаем над тем, какова же вероятность того, что элемент объема, выделенный в газе, находящемся при нормальных условиях, опустеет. Мы знаем, что в каждом кубическом сантиметре воздуха находится $2{,}7 \cdot 10^{19}$ молекул. Выделим в нем для «наблюдения» 1 мм^3. Для какой-то определенной молекулы вероятность не попасть в выделенный объем равна $\frac{999}{1000}$. Вероятность того, что в этот объем одновременно не попадут 5 молекул, — $(0{,}999)^5$. Вероятность того, что в этот объем одновременно не попадут все молекулы, которые помещаются там при нормальных условиях, — $(0{,}999)^{2{,}7 \cdot 10^{16}}$. Для записи десятичной дроби со столькими нулями понадобилось бы время, равное времени существования человечества. Вот какова вероятность ожидаемого события. Событие это не невозможно, но вероятность его так исчезающе мала, что практически необратимые процессы сами по себе в обратном направлении не происходят.

К необратимым процессам относится, например, передача энергии телом с более высокой температурой телу с более низкой температурой, выравнивание концентраций веществ в растворах или газовых смесях, превращение энергии механического движения во внутреннюю энергию, расширение газов. Во всех необратимых процессах беспорядок в расположении частиц, из которых состоят рассматриваемые системы, увеличивается.

Мерой неупорядоченности элементов какой-либо системы служит энтропия. Физическое истолкование этой величины было дано австрийским физиком Людвигом Больцманом. Он показал, что энтропия увеличивается по мере возрастания хаотичности движения молекул физического тела. Вместе с ней увеличивается и вероятность состояния системы. Например, если в сосуде расширяется идеальный газ, то молекулы его равномерно распределяются по всему объему, наступает состояние равновесия; все процессы на макроуровне в такой системе прекращаются. Вероятность именно такого распределения молекул в системе, беспорядок в их расположении (а значит, и энтропия) максимальны. Больцман установил однозначную связь между энтропией и термодинамической вероятностью состояния системы: $S = k \ln W$, где S — энтропия, k — постоянная Больцмана, W — термодинамическая вероятность системы (число способов, которыми осуществляется данное состояние), ln — натуральный логарифм. Читается эта формула так: энтропия замкнутой системы прямо пропорциональна натуральному логарифму термодинамической вероятности состояния системы. Эта формула вместо эпитафии написана на надгробной плите могилы Больцмана.

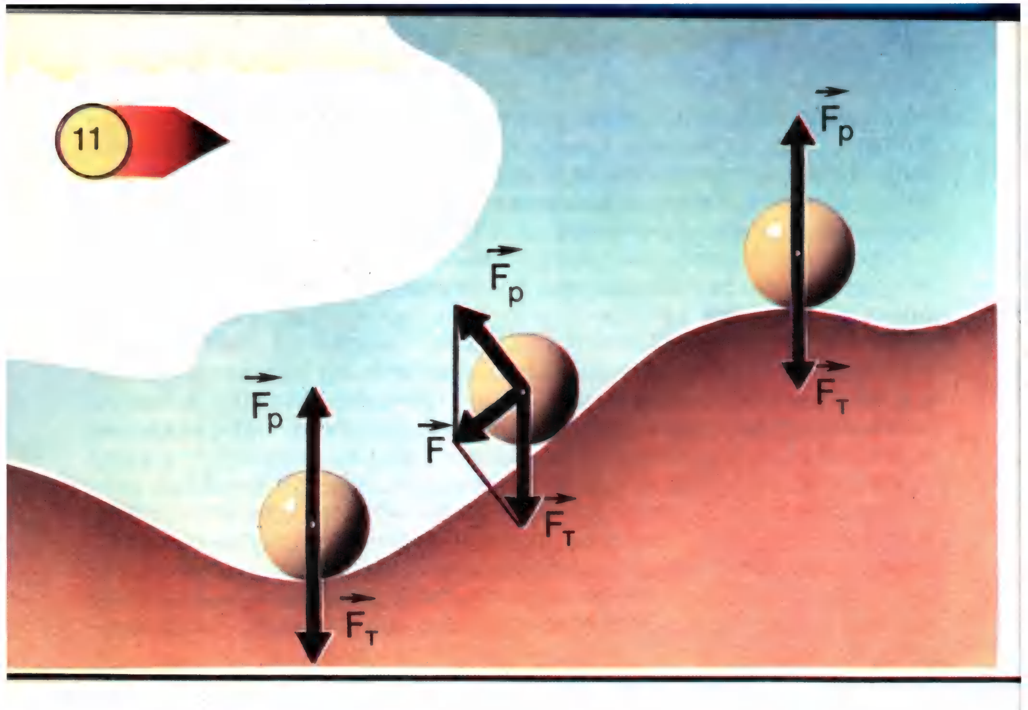
Из формулы $S = k \ln W$ следует, что случайные соударения молекул приводят к направленному течению самопроизвольных процессов в природе: все самопроизвольные процессы в природе

происходят так, что состояние менее вероятное переходит в состояние более вероятное (здесь можно усмотреть сходство с теорией Дарвина, в которой показано, как случайные наследственные изменения могут складываться в природе в неодолимый механизм естественного отбора).

При самопроизвольных процессах энтропия в замкнутой системе увеличивается. Например, при падении капель дождя или камня с горы, при притяжении двух разноименных зарядов, при расширении газа уменьшается та часть энергии, за счет которой в системе могла бы быть выполнена работа, но она не исчезает, а «обесценивается», переходит во внутреннюю энергию (энергию хаотического теплового движения частиц системы), мера неупорядоченности элементов системы при этом возрастает — увеличивается и энтропия как функция состояния системы. Она увеличивается всегда, когда система получает какое-то количество теплоты. Реальные процессы, происходящие в окружающем нас мире, всегда сопровождаются более или менее заметными тепловыми эффектами. При любом механическом движении выделяется какое-то количество теплоты, так как невозможно устранить сухое и жидкое трение; тепловыми явлениями сопровождаются магнитные, электрические и оптические явления. Тепловые излучения присущи и живым организмам. Энтропия замкнутых систем при самопроизвольных процессах возрастает, системы самопроизвольно переходят в состояние равновесия: ведь когда энтропия в системе достигает максимума, то никакие процессы в ней невозможны.

Не возникло ли у вас сомнение, когда вы прочитали предыдущую фразу? Поверили ли вы в то, что в системе прекращаются все процессы?

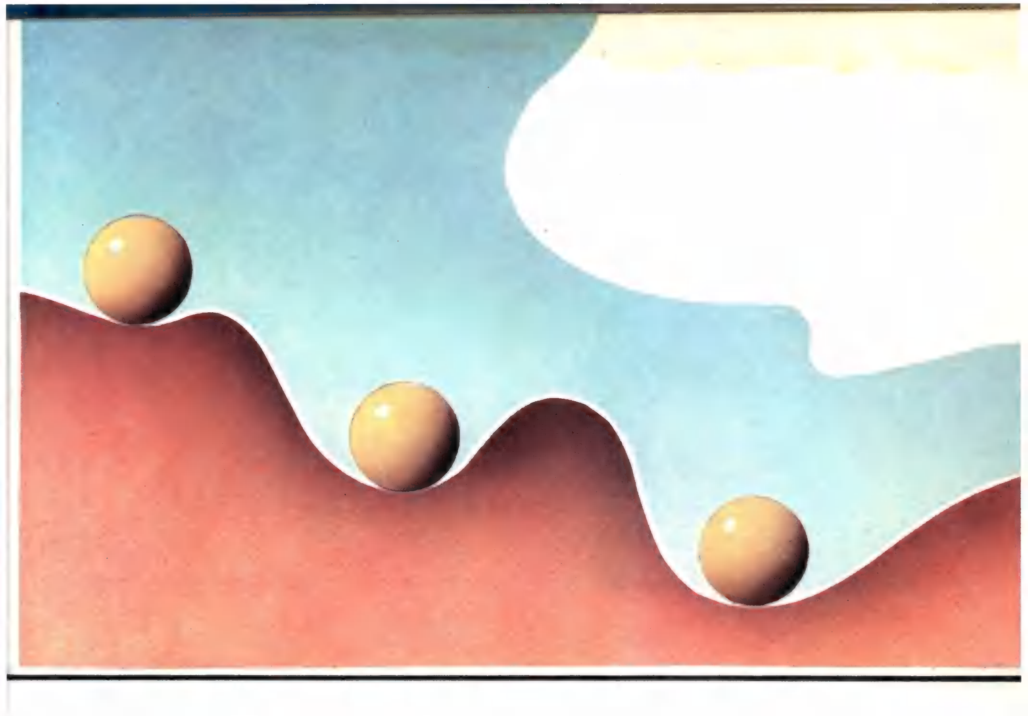
Представим себе простейшую систему — в термостате находится жидкость и ее пар. Между паром и жидкостью со временем установится динамическое равновесие, но прекратятся ли там все процессы? Вот мы и пришли к выводу: когда мы говорим о необратимости процессов в природе, то следует различать микропроцессы и макропроцессы, микроскопическое состояние системы и макроскопическое ее состояние. Макроскопическое состояние системы характеризуется несколькими величинами (давлением, температурой, объемом, положением центра масс, скоростью центра масс и др.). С помощью этих величин описывается состояние системы в целом, они имеют практическое значение, их изменение мы наблюдаем при переходе системы из одного макросостояния в другое. Все макроскопические процессы в природе необратимы, самопроизвольно в замкнутой системе они протекают в направлении возрастания энтропии. Необратимым является такой процесс, который в обратном направлении может протекать только как одно из звеньев более сложного процесса. Например, камень, скатившийся с горы, можно снова поднять на гору, но для этого нужна специальная установка, которая бы затратила энергию;



притягивающиеся разноименные электрические заряды можно удалить друг от друга, но для этого надо затратить энергию и т. д.

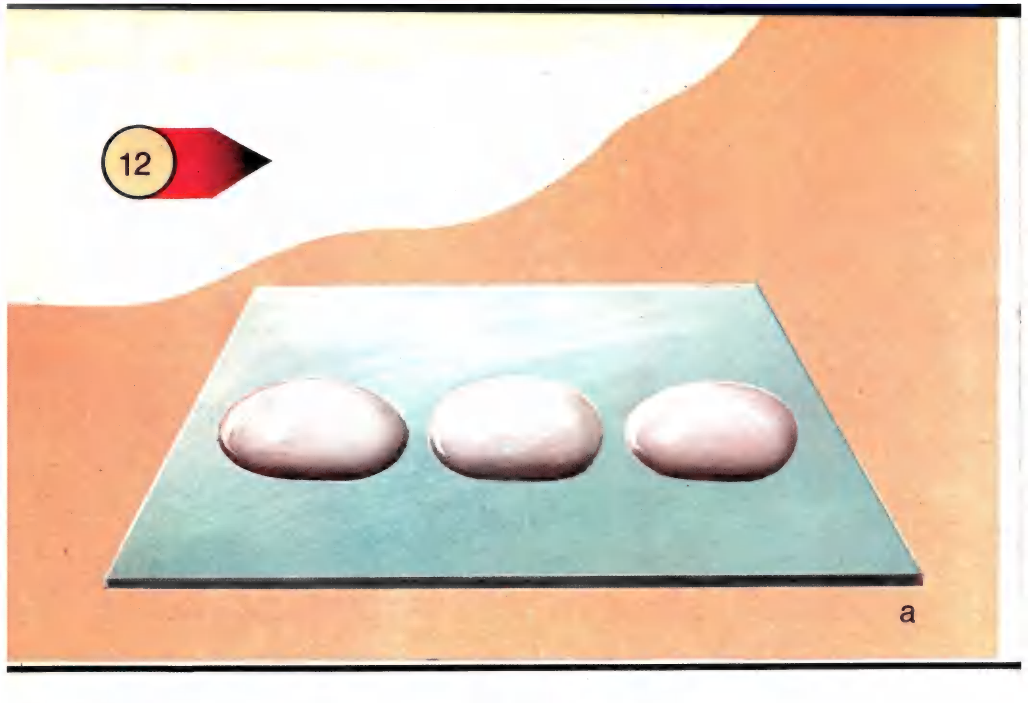
А теперь обратимся к микросостояниям системы. Они зависят от скоростей и положений молекул в каждый момент времени. Если одна молекула поменяется местами с другой или изменит свою скорость в результате случайных соударений, то микросостояние системы будет изменено. Одному и тому же макросостоянию может соответствовать множество микросостояний. С течением времени микросостояния непрерывно сменяют друг друга, хотя на макроуровне может не наблюдаться никаких изменений. Для иллюстрации этого положения вернемся к примеру с термостатом, в котором находится жидкость, полностью не заполняющая его. Со временем над поверхностью жидкости образуется насыщенный пар; его давление, концентрация не будут изменяться со временем, на макроуровне все процессы в системе прекратятся, она достигнет состояния термодинамического равновесия. Но микропроцессы происходят непрерывно: молекулы жидкости все время отрываются от ее поверхности и уходят в газовую фазу, а молекулы пара возвращаются в жидкость — на микроуровне нет необратимых процессов, для микрочастиц все состояния равновероятны, законы, управляющие движением отдельных частиц, обратимы. Действие закона возрастания энтропии при протекании процессов в замкнутых системах проявляется только на макроуровне.

Понятие энтропии в школьных учебниках не встречается, поэтому у читателя может возникнуть желание связать его с теми

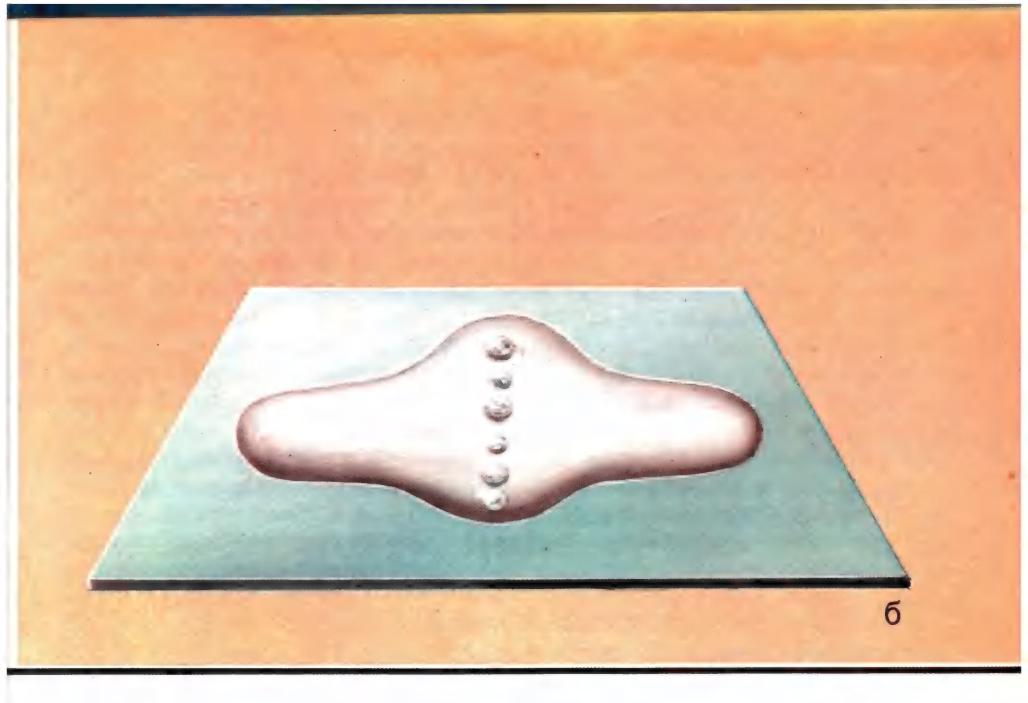


понятиями, которыми он привык пользоваться при решении физических задач. Начнем с того, что энтропия, как и энергия,— функция состояния системы. Энергия проявляется в работе, изменение энергии изолированной системы определяет максимальную работу, которую система могла бы совершить, переходя из одного состояния в другое. Но в макропроцессах изменение энергии системы не равно выполненной работе, потому что часть энергии при этом превращается во внутреннюю. Вот изменение энтропии системы и связано с той энергией системы, которая в реальных условиях перехода из одного состояния в другое при температуре данной окружающей среды превращается во внутреннюю энергию и рассеивается, уменьшая значение максимальной работы, которую могла бы выполнить система, до действительного. Изменение энтропии системы характеризует степень рассеивания, обесценивания энергии при взаимопревращении ее видов.

А можем ли мы количественно подсчитать изменение энтропии? Найти для этого какую-то формулу? Вспомним известные нам формулы работы. Например, при изобарном расширении газа мы вычисляли работу по формуле $A = p(V_2 - V_1)$, где p — давление газа, $V_2 - V_1$ — изменение его объема; при деформации пружины использовали формулу $A = \frac{1}{2}F(x_2 - x_1)$, где F — модуль силы упругости, $x_2 - x_1$ — модуль перемещения конца пружины; работу силы тяжести вычисляли по формуле $A = -mg(h_2 - h_1)$. Если мы посмотрим на все эти формулы, то поймем, почему часто говорят, что для вычисления работы необ-



ходимо умножить обобщенную силу на разность обобщенных координат. Энергия как функция состояния системы характеризуется определенными координатами, а работа равна разности энергий системы при переходе ее из одного состояния в другое. Если ни объем, ни координаты системы не меняются, то совершение работы системой или над системой изменить ее энергию не может. Но состояние системы можно изменить, если сообщить ей некоторое количество теплоты, которое можно выразить следующим образом: $Q = T(S_2 - S_1)$, где T — абсолютная температура системы, S_1 — начальное значение энтропии системы, S_2 — ее конечное значение. Можно опытным путем убедиться в том, что изменение энтропии характеризует степень обесценивания энергии при ее взаимопревращениях. Для этого возьмем два сосуда с водой при температуре 0 °C, в первом пусть будет 500 г воды, во втором — 1000 г. Нагреем первый сосуд до 100 °C, второй — до 50 °C. Если подсчитать количество теплоты, сообщенное обоим сосудам (использовав формулу $Q = cm\Delta t$, где c — удельная теплоемкость воды, m — масса воды, Δt — разность температур), то оно получится одинаковым. Но вода во втором сосуде нагревается до более низкой температуры, чем в первом, поэтому изменение ее энтропии больше, обесценивание энергии, сообщенной второму сосуду, также больше, а значит, меньше возможность использования этой энергии для выполнения работы. Чтобы убедиться в этом, возьмем пробирку с эфиром, закроем ее пробкой и опустим во второй сосуд. С пробиркой ничего не произойдет. Если опустить такую же пробирку в первый сосуд, то из нее вылетит пробка под



действием паров эфира: энергия, запасенная в первом сосуде, будет использована для выполнения работы. Таким образом, возрастание энтропии системы характеризует рассеивание энергии в окружающем мире. Всякое сообщение системе количества теплоты увеличивает ее энтропию.

В соответствии с законом сохранения энергии все формы движения материи могут переходить одна в другую, такие взаимопревращения энергии в принципе могут происходить вечно. Но если в систему, в которой происходят превращения механической энергии, энергии электрического или магнитного поля, добавить звено, связанное с трением, электрическим сопротивлением или теплопроводностью, картина изменится. Каждое из этих звеньев окажется «ловушкой», в которой различные виды движения материи превращаются в тепловое движение. А это превращение от остальных отличается тем, что оно необратимо. Увеличение количества теплоты, сообщаемого системе, увеличивает и ее энтропию — степень обесценивания энергии. Если в цепи взаимопревращений энергии действует трение, то оно приводит к тому, что в конце концов любое движение в ней прекращается, соответствующая энергия превращается в энергию теплового движения и рассеивается в окружающем пространстве. А поскольку все реальные процессы сопровождаются превращением того или иного вида движения материи в тепловое движение, то энтропия в них растет, увеличивая долю обесцененной энергии.

Энергия и энтропия всегда рядом. Энергия дает жизнь каждому листику, травинке, движение облакам, рекам, ветрам. А энтро-

пия? Что было бы без нее? Каким будет мир, если все процессы станут обратимыми? Мгновенно соскользнет на пол эта книга и расползется на отдельные волокна, раскрутятся гайки и винты, шурупы «повыскакивают» из своих мест, вам негде будет укрыться от чудовищной какофонии звуков, которую создадут все происшедшие на Земле удары грома, выстрелы, взрывы, музыка, речь людей... В таком мире все виды движения материи будут долго превращаться друг в друга без всяких потерь, но как бы мы прожили в этом мире? Задумайтесь, куда девается энергия, вырабатываемая электростанциями всего мира. Ведь все изготовленные на заводах и фабриках предметы люди получили ценой превращения энергии в теплоту.

Наверное, вы немного устали от рассуждений. Посмотрите, как ветер колеблет ко́сы березок, осыпает лепестки цветков шиповника, как прекрасен окружающий мир... А ведь развитие, жизнь организмов возможны благодаря необратимости процессов. В каждом живом организме постоянно происходят изменения. Устойчивы они только потому, что благодаря необратимости сопровождаются выделением энергии, возрастание энтропии как бы фиксирует в клетках изменения.



Живой организм питается, дышит, основа его жизнедеятельности — обмен с окружающей средой. Каждый процесс в нашем организме увеличивает его энтропию, если он сопровождается выделением энергии. Чтобы не достичь состояния термодинамического равновесия, т. е. смерти, мы должны постоянно компенсировать возрастание энтропии в организме, поглощая из окружающей среды вещества с более низкой энтропией. Чем ниже энтропия, тем больше мера упорядоченности системы. Живые организмы для поддержания своей жизнедеятельности превращают более упорядоченные системы в менее упорядоченные. Например, высшие животные питаются сложными органическими веществами, мера упо-

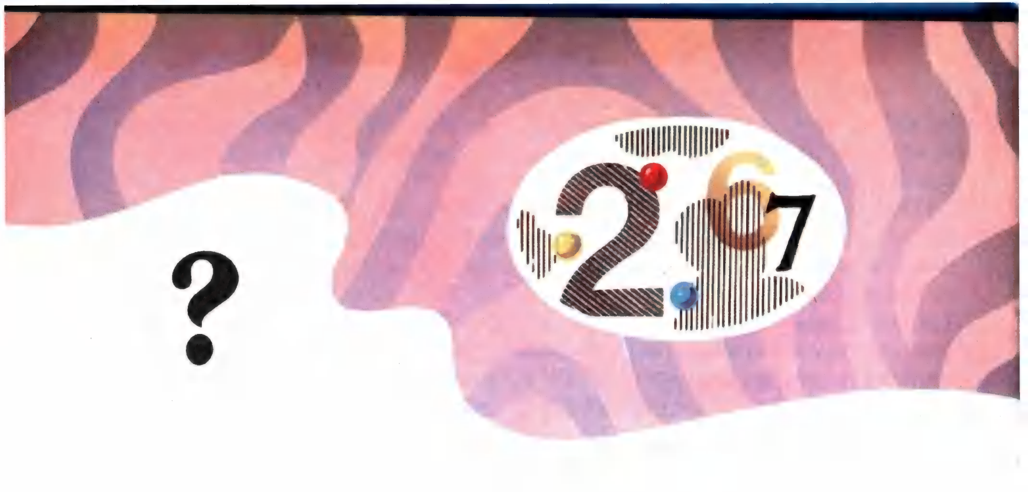
рядоченности которых значительно выше, чем тех веществ, которые возвращаются в окружающую среду. Как возникают эти упорядоченные структуры?

Мы снова начали рассуждать, при этом энергия наших нервных импульсов стала превращаться во внутреннюю энергию. А чтобы нам затратить как можно меньше энергии, сделаем наше рассуждение приятным — начнем его с игры. Возьмем ящик с неровным дном — с выпуклостями и впадинами — и будем в него горстями бросать горох, наблюдая, сколько горошин после каждого бросания оказалось на выпуклостях. И каждый раз мы видим, что, покатавшись по дну, горошины в конце концов останавливаются в лунках (рис. 11, справа). Почему горошины не могут «успокоиться» на вершинах выпуклостей, а «успокаиваются» только в лунках? На вершине выпуклости горошина может оказаться в состоянии равновесия, но вероятность такого события очень мала. При малейшем отклонении от положения равновесия горошина будет скатываться по стенке лунки. В отклоненном положении на нее действуют две силы: сила тяжести $\vec{F}_т$ и сила реакции опоры $\vec{F}_р$. Равнодействующая этих сил направлена так, что горошина еще боль-



ше удаляется от положения равновесия (рис. 11, слева). На дне лунки горошина находится в устойчивом равновесии, ее потенциальная энергия в этом состоянии минимальна. Этот опыт приводит нас к выводу, что при попадании частиц в силовое поле они в конце концов устанавливаются в таком положении равновесия, при котором их энергия взаимодействия с другими частицами достигает возможного при данных условиях минимума.

Направление течения процессов в мире определяется переходом систем или отдельных взаимодействующих частиц от состояний менее вероятных к состояниям более вероятным. При этом на макроуровне эти процессы необратимы.



1. Почему угарный газ быстрее проникает в организм, чем кислород? Во сколько раз скорость его проникновения больше, чем скорость проникновения кислорода?

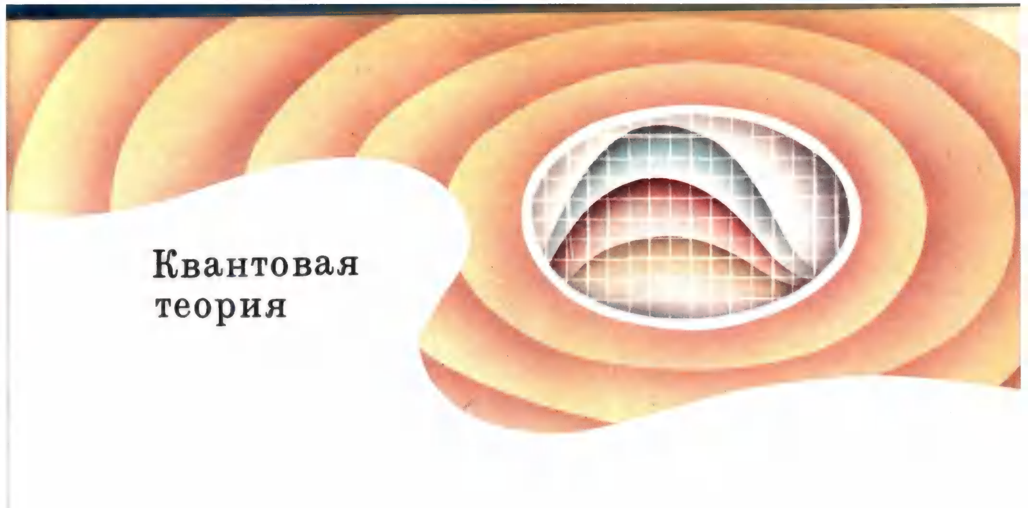
2. Как и какие факторы действуют при установлении равновесия в системе соль — вода?

3. Если взять стеклянную трубку длиной 60 см и диаметром 1 см и закрыть один конец ваткой, смоченной раствором аммиака, а другой — ваткой, смоченной раствором соляной кислоты, то через некоторое время на стенке возле ватки, смоченной соляной кислотой, появится белое кольцо. Как объяснить его появление?

4. Нанесите на стекло по одной капле раствора карбоната натрия, воды и серной кислоты (рис. 12, *а*). Стеклянной палочкой соедините растворы. Через некоторое время приблизительно в средней части начнет выделяться оксид углерода (IV) (рис. 12, *б*). Как объяснить, что пузырьки газа почти пополам разделяют каплю?

Литература

Медников Б. Аксиомы биологии.— М.: Знание, 1982.
Линднер Г. Картины современной физики.— М.: Мир, 1977.
Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия.— М.: Знание, 1977.
Смирнов Г. В. Под знаком необратимости.— М.: Знание, 1977.
Кикоин К. А. Что такое потенциальная яма.— Квант, № 8, 1982.
Шредингер Э. Что такое жизнь? — М.: Атомиздат, 1972.

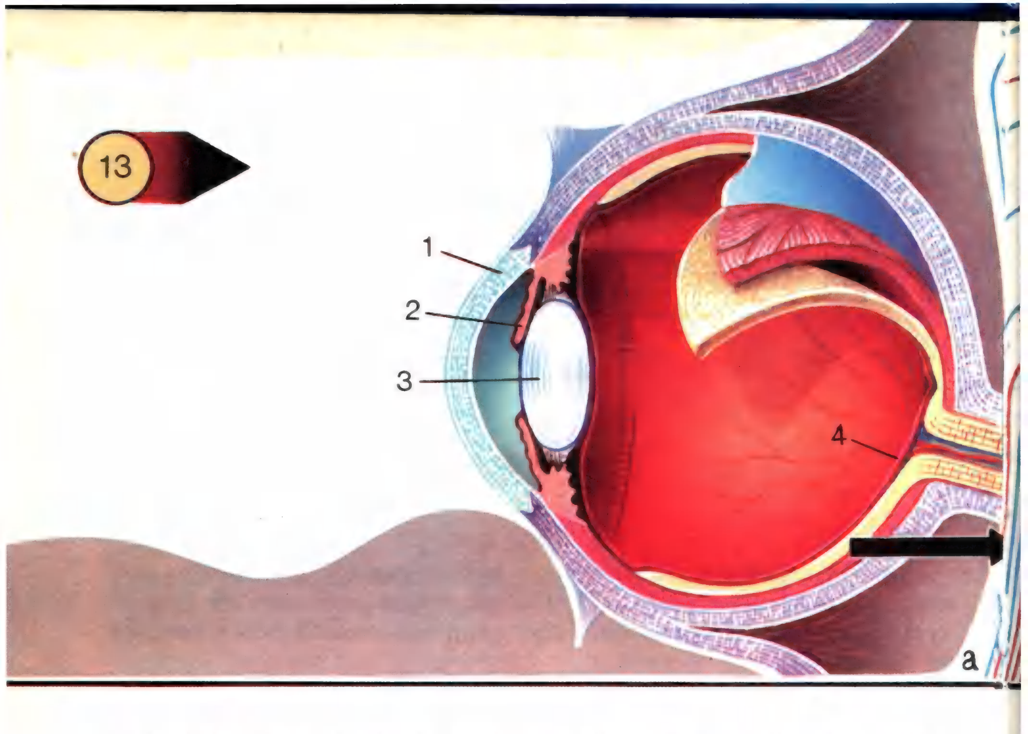


Квантовая теория

Говоря о теориях, которые с успехом используются в физических, химических, биологических науках, мы не можем не упомянуть квантовую теорию. Началась она от гипотезы Планка, согласно которой атомы и молекулы излучают и поглощают энергию не непрерывным потоком, а отдельными порциями — квантами. Дальнейшее развитие этой теории связано с именами Резерфорда и Бора — постулаты Бора знает каждый, окончивший среднюю школу. А вот почему квантовые представления являются основой объяснения явлений в современной научной картине мира — это понятно далеко не каждому, изучившему курс школьной физики, химии и биологии. Понятие о квантах мало применяется при объяснении явлений на уроках химии и биологии, да и на уроках физики используется крайне скудно — фотоэффект, давление света, фотография... А за школьным окном многокрасочный мир, весенний ветер гонит по синему небу облака и колышет ветви тополей... Почему мы видим все это?

О зрении. Посредством зрения мы получаем около 90% информации о мире. Поэтому вопрос о механизме зрения интересовал человека всегда. Демокрит учил: «Видим мы оттого, что в нас попадают и остаются там видности». Для нас эти «видности» — кванты света. Атомисты под ними понимали другое. Например, Эпикур считал, что от светящихся и освещенных тел постоянно отделяются тончайшие пленки, «слепки», летящие во всех направлениях и попадающие в глаза.

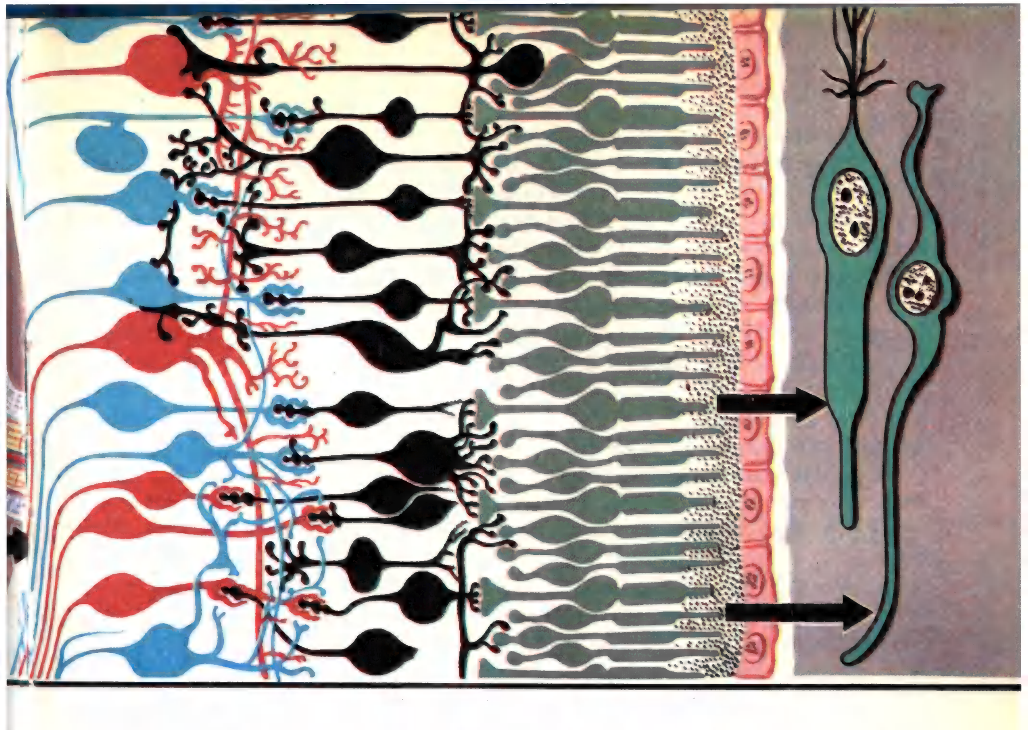
А в чем заключается процесс видения мира? Первая стадия этого процесса — получение изображения предмета на сетчатке, что достигается при помощи оптической системы глаза (рис. 13, *а*). При более внимательном рассмотрении этой системы мы увидим, что «объектив» нашего глаза состоит из двух частей: роговицы *1*, обладающей неизменным фокусным расстоянием, и хрусталика *3*, изменяющего свою кривизну — автоматически устанавливающегося на резкое изображение рассматриваемого предмета. Хруста-



лик выполняет также и роль светофильтра: он не пропускает ультрафиолетовые лучи, которые могли бы повредить сетчатку *4*. Роль диафрагмы в глазу играет радужная оболочка *2*— зрачок в зависимости от освещенности меняет диаметр от 2 до 8 мм. Пигментный эпителий, расположенный за сетчаткой, поглощает свет, чтобы уменьшить его рассеивание, что могло бы ухудшить резкость изображения. Оптические приборы с этой же целью изнутри зачерняют. Глаз обладает постоянным временем экспозиции — 0,1 с. Все фотоны, попавшие в глаз за это время, воспринимаются им как одновременные. Оптическая часть глаза дает четкое изображение рассматриваемого предмета на «фотопленке» — сетчатке глаза. Как же оно «проявляется»? Как происходит вторая стадия видения: преобразование энергии электромагнитных излучений в другие виды энергии, перевод на «язык», дающий организму представление о мире?

Рассмотрим строение сетчатки (рис. 13, *б*). Сетчатка состоит из слоя рецепторов *1* и нескольких слоев других клеток. Рецепторы — это колбочки и палочки, расположенные на стороне, прилегающей к глазному дну. Нижние части колбочек и палочек имеют строение обычной клетки, фоторецептором у них служит наружный сегмент. У колбочек наружная мембрана образует складки, в палочках эти складки по мере развития отделяются от наружной мембраны, образуя замкнутые мешочки — диски.

Колбочки — «инструмент» цветного зрения; они бывают трех сортов: «синие» с максимумом спектра поглощения, приходящимся на длину волны 450 нм, «зеленые» (530 нм) и «желтые» (570 нм).



Максимум спектра поглощения у палочек приходится на длину волны 500 нм, палочки обеспечивают черно-белое зрение. Палочки и колбочки содержат молекулы зрительного пигмента, которые находятся в наружных сегментах.

Фоторецептор палочки работает так. В мембранах дисков находится зрительный пигмент — родопсин. Его молекула состоит из белка опсина и альдегида витамина А — ретиналя. Молекула ретиналя в родопсине может существовать в двух изомерных формах — в *цис*-форме и *транс*-форме. Если бы мы изобразили структурную формулу *цис*-формы молекулы ретиналя, то получили бы что-то похожее на букву «Г» или кочергу. Такой «согнувшейся» «сидит» она в молекуле родопсина, пока на нее не упадет квант видимого света. Как только это случится, молекула ретиналя распрямляется — переходит из одного изомерного состояния в другое. Энергия поглощенного фотона расходуется в основном на то, чтобы молекулу ретиналя перевести из одного изомерного состояния в другое. Значительная часть энергии поглощенного фотона переходит во внутреннюю энергию. И только небольшая ее часть попадает на вход биологического усилителя. Изомерное превращение молекул ретиналя и запускает цепь событий, которые приводят к появлению зрительного сигнала. Как это происходит, как затем в мозгу строится представление о том, что́ мы видим?

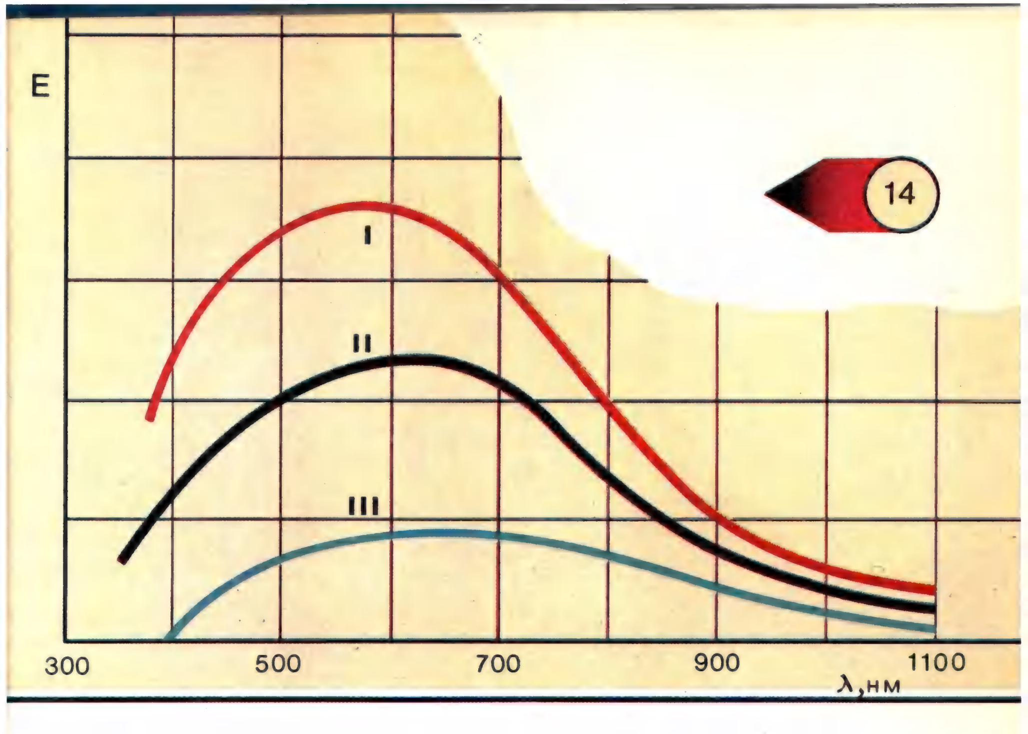
Этот вопрос на сегодняшний день пока не совсем ясен. Но из того, что известно, мы можем сделать вывод, что в механизме зрения используются квантовые свойства света.

Задумывались ли вы когда-нибудь над таким вопросом: почему видимый свет на шкале электромагнитных волн занимает только небольшой участок? Иначе говоря: почему глаз человека, да и большинства обитателей Земли воспринимает только небольшой диапазон волн по сравнению с существующим в природе спектром электромагнитных излучений? Например, если бы человек обладал инфракрасным зрением... Ночью мы видели бы, как днем, все органические тела, потому что их температура отлична от тел неживой природы. Мы даже могли бы отличить одно живое существо от другого, если бы температуры их тел были различными. Но смогли бы мы вообще что-нибудь видеть, если бы наши глаза воспринимали инфракрасные лучи?

Самым мощным источником таких лучей для нас было бы наше собственное тело. При температуре тела 37 °C максимум его излучения приходится на длину волны 9000—10 000 нм. Внутренние стенки нашего глаза ежесекундно излучают 0,85 Дж энергии. Такую же энергию глаз получил бы от лампы зеленого света в 4 млн. кд, поставленной на расстоянии 1 м от глаза. А освещенность, создаваемая летним солнцем, равна освещенности, создаваемой лампой зеленого света в 200 000 кд, находящейся на расстоянии 1 м от глаза. Отсюда ясно, что при восприимчивости глаза к инфракрасным лучам свет Солнца для нас померк бы из-за собственного излучения. Следовательно, мы ничего не сможем увидеть — наши глаза будут бесполезны. А почему же глаза не реагируют на инфракрасные лучи? Энергия квантов инфракрасных лучей ($\varepsilon = h\nu$, где h — постоянная Планка, ν — частота волны) слишком мала, чтобы вызвать изомеризацию ретиналя. Несколько квантов не могут «собраться», чтобы вызвать действие, которое не под силу одному кванту,— в микромире идет взаимодействие кванта и частицы один на один. Может, правда, случиться и такое, что молекула родопсина вследствие поглощения многих квантов инфракрасных лучей накопит энергию, достаточную для того, чтобы произошла изомеризация молекулы ретиналя, но вероятность такого события крайне мала, так как наряду с поглощением энергии происходит ее излучение. Другое дело, если молекула родопсина «встретится» с фотоном — квантом энергии видимого света. У него частота такая, что энергии будет достаточно, чтобы вызвать изменение конфигурации ретиналя, и на это изменение отреагирует палочка, состоящая из 10^9 молекул. Так высока ее чувствительность. Если перейти к знакомым нам образам, то действие этого фотона можно сравнить с ударом теннисного мяча, который сдвинул с места многоэтажный дом...

Ультрафиолетовые лучи также невидимы для глаза, хотя энергия их квантов значительно больше, чем квантов видимого света.

Сетчатка чувствительна к ультрафиолетовым лучам, но они поглощаются хрусталиком — иначе они могут вызвать разрушающее действие. Почему же глаз в процессе эволюции не приспособился к ним?

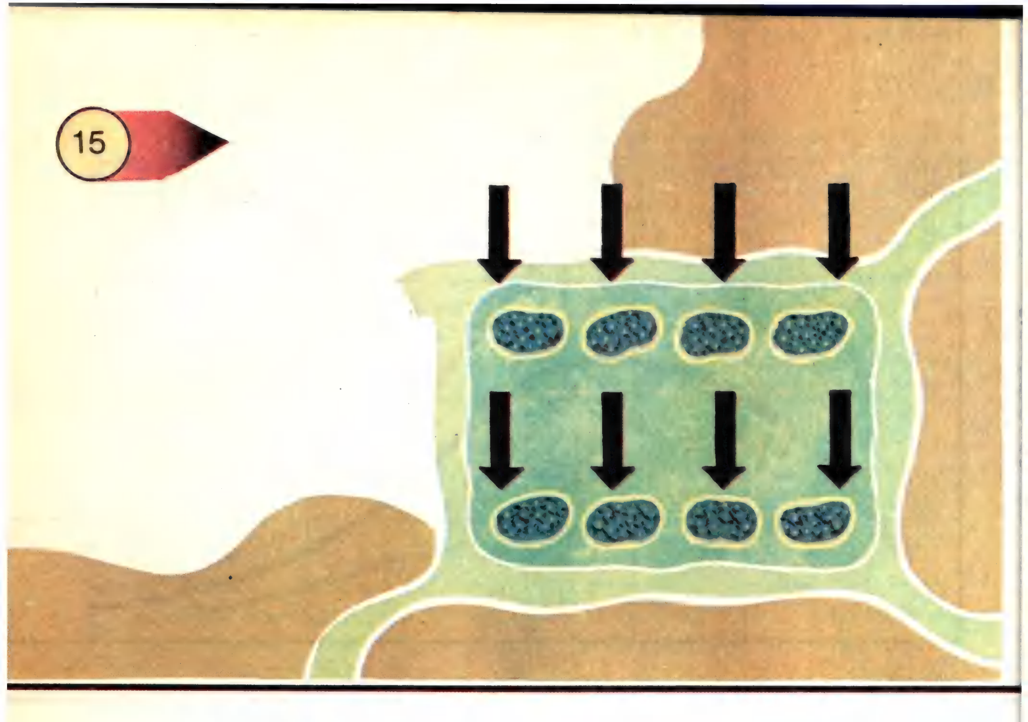


Вспомним, как распределена энергия в зависимости от длины волны в спектре солнечного излучения (рис. 14). На графике по оси абсцисс отложены длины волн, по оси ординат — энергия в относительных единицах. Кривая *I* отражает распределение энергии солнечного излучения при положении Солнца над головой; кривая *II* — при высоте Солнца над горизонтом, соответствующей 30°; кривая *III* — при условиях, близких к восходу и закату. Вы обратили внимание, что на рисунке в начале координат стоит не 0, а 300 нм? Дело в том, что у поверхности Земли солнечный спектр практически начинается от 290 нм, так как более короткие волны задерживаются слоем озона, находящегося в верхних слоях атмосферы (приблизительно на высоте 30 км). В нем непрерывно происходят химические реакции под действием квантов высокой энергии:

$$O_2 + h\nu \rightarrow 2O; \quad 2O_2 + 2O \rightarrow 2O_3; \quad O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O \quad \text{и т. д.}$$

В процессе эволюции глаза живых организмов приспособились воспринимать энергию излучения самого мощного источника на Земле — Солнца и именно те волны, на которые приходится максимум энергии солнечного излучения, попадающего на Землю.

Вот мы и рассмотрели проявление квантовых свойств света в механизме зрения. Пора нам и отдохнуть. Давайте побродим в весеннем лесу, пройдемся по любимым местам и попытаемся объяснить встречающиеся нам явления с помощью знаний о дискретности энергии в микромире.

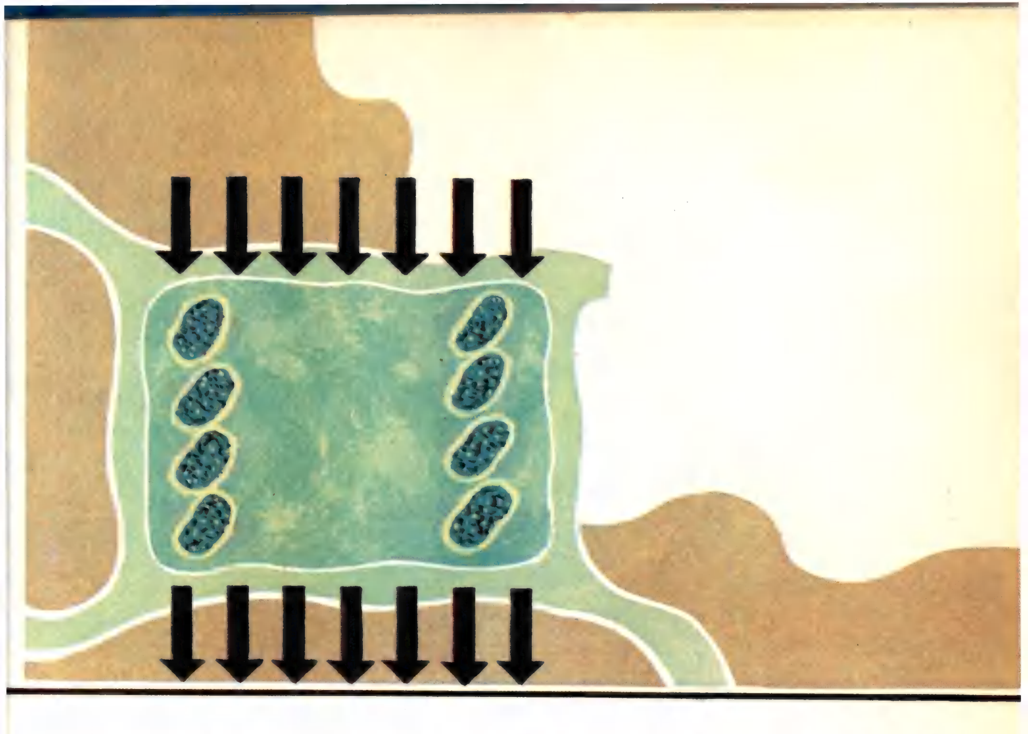


В лесу по-весеннему пахнет землей, на березках появились первые листики, и началась работа зеленых тружеников. Ни на секунду в них не прекращается процесс, благодаря которому все живое получает кислород для дыхания и пищу. Его название — фотосинтез. Начинается этот процесс с поглощения молекулой хлорофилла кванта света, а оканчивается синтезом углеводов из углекислого газа и воды:

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{E(h\nu)} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

Это уравнение только схематическое отражение сути процесса. А как он происходит? Вопрос этот решается вот уже почти 200 лет и все еще исчерпывающий ответ на него не получен. Например, как энергия кванта света преобразуется в энергию того первичного вещества, которое потом дает энергию для синтеза органических веществ? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимы знания физики, химии, биологии, и не просто знания, а синтез этих знаний.

Возьмем березовый листок, присмотримся к нему. Он плоский и широкий — ему необходима максимальная поверхность как для восприятия солнечных лучей, так и для газообмена с воздухом. Внешние клетки верхней и нижней поверхностей листа образуют бесцветный защитный слой — эпидермис или кожицу. Его клетки тонкие, прочные, с плотными стенками — они хорошо защищают внутреннюю мякоть листа и предохраняют ее от потерь воды. Между верхним и нижним эпидермисом находятся тонкостенные клетки, содержащие много хлорофилловых зерен. Лист пронизан

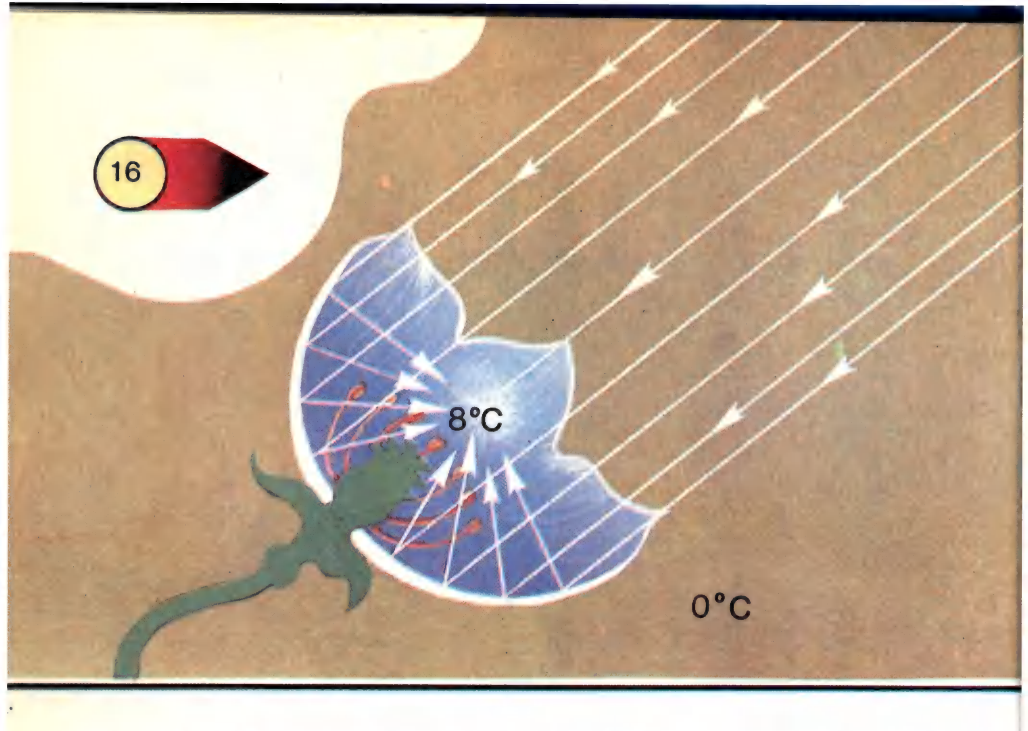


сосудисто-волокнистыми пучками, по ним уходят продукты ассимиляции от переполненных ими клеток.

Фотосинтез происходит в зеленых пластидах — хлоропластах, специализированных участках цитоплазмы. У высших растений они имеют эллиптическую форму. В зависимости от освещенности листа хлоропласты меняют свое расположение (рис. 15), что защищает их от перегрева.

Лист имеет зеленую окраску благодаря присутствию в его клетках хлорофилла. К группе хлорофиллов относят сложные органические соединения с атомом магния в центре молекулы (наверное, вы вспомнили, что молекулы хлорофилла похожи на молекулы гемоглобина, только в центре их вместо атома железа находится атом магния). Молекулы хлорофилла и «ответственны» за уникальный процесс превращения энергии света в энергию органических веществ. Он начинается с поглощения кванта света молекулой хлорофилла...

Итак, солнечный свет падает на зеленый лист. Часть упавших фотонов поглощается молекулами хлорофилла. В тот момент, когда одна молекула хлорофилла поглотит один фотон, один из ее электронов перейдет с более низкого энергетического уровня на более высокий. Этот электрон, получивший добавочную энергию и перешедший на более высокий энергетический уровень, называется «возбужденным» электроном. Таких электронов в клетке в каждый момент времени столько, сколько молекул хлорофилла, поглотивших каждая «свой» фотон. А если бы мы сказали «квант» вместо «фотон», не было бы здесь ошибки? Не было бы,



если бы мы написали «квант света», потому что и в первом, и во втором случае имеется в виду видимый свет. Энергии квантов этого излучения достаточно для того, чтобы один из электронов молекулы хлорофилла (ее порфиринового кольца) перешел на более высокий энергетический уровень. Возбужденные электроны долго не остаются в новом для них энергетическом состоянии. Часть их возвращается на прежний энергетический уровень, излучив при этом полученную в результате поглощения кванта света энергию; часть переходит к иону магния, расположенному в центре молекулы хлорофилла: поглощение кванта света приводит к процессу обмена электронами — химическим реакциям фотосинтеза, которые включают много звеньев. В начале этих реакций стоят молекулы хлорофилла, назначение которых — превратить энергию кванта света в энергию электрона, переходящего на более высокий энергетический уровень. Весь световой день молекулы хлорофилла «занимаются» тем, что, получив фотон, используют его энергию, превращая ее в потенциальную энергию электрона. Их действие можно сравнить с действием механизма, поднимающего мячик на некоторую ступеньку лестницы. Скатываясь по ее ступенькам, мячик теряет свою энергию, но она не исчезает — постепенно превращается... во внутреннюю энергию образующихся в процессе фотосинтеза веществ: ведь мы под «мячиком» подразумеваем электрон. Конечно, это грубая аналогия, но она нам поможет понять, почему молекулы хлорофилла «трудятся» только на протяжении светового дня, только когда на них попадает видимый свет. Ночью они «отдыхают», несмотря на то что недостатка в элек-

тромагнитных излучениях, попадающих на листья, нет: земля сама излучает инфракрасные лучи, да и растения в процессе своей жизнедеятельности также их излучают. Но энергия квантов инфракрасных лучей меньше той, которая необходима для перевода электрона порфиринового кольца молекулы хлорофилла с более низкого энергетического уровня на более высокий. Сколько бы листья ни поглощали инфракрасные лучи, они от них только нагреются. Реакции фотосинтеза вызываются только видимым светом. В процессе эволюции растения приспособились аккумулировать энергию самого мощного источника энергии на Земле — Солнца. Когда в условиях полярного дня попробовали выращивать растения, они плохо развивались и плодоносили. По-видимому, это у растений наследственное — ночью выполнять одну работу, днем — другую: фотосинтез состоит из световых и темновых реакций. Такое разделение на дневную и ночную «смену» возможно благодаря квантовым свойствам света. Если бы происходило непрерывное поглощение света объектами микромира, то растения были бы совершенно другими...

О наследственности. Мы уже говорили о том, что наследственные признаки организмов закодированы в молекулах ДНК и передаются из поколения в поколение матричным путем. Чтобы



вызвать единичную мутацию, необходимо молекуле ДНК сообщить энергию, достаточную для того, чтобы изменить структуру какого-то участка ДНК — гена. Известно, что гамма-лучи и рентгеновские лучи, как выражаются биологи, сильно мутагенны — их кванты несут энергию, достаточную для изменения структуры участка ДНК. Инфракрасным лучам такое действие не «под силу» — их частота, а значит, и энергия слишком малы для этого. Вот если бы энергия электромагнитного поля поглощалась не порциями, а непрерывно, тогда бы инфракрасные лучи смогли проявить себя в действии на молекулы ДНК, ведь по отношению

к своим половым клеткам сам организм является самым близким и самым мощным, постоянно действующим источником инфракрасных лучей.

Да, никак нам не удается отдохнуть. Человек не может не мыслить. Но вот наш глаз остановился на сон-траве. Будем только любоваться этим созданием природы.

Об окраске цветков. Как красивы лепестки нежно-фиолетового венчика сон-травы! И весь он, как чудесная чашечка, в которую льются лучи неяркого весеннего солнца. Зачем цветку красота? Постараемся это понять. Форма цветка нам понятна сразу: он, как вогнутое зеркало, фокусирует отраженные от лепестков пучки света в центральной части цветка — там происходит оплодотворение (рис. 16). Даже если температура воздуха около 0 °С, внутри цветка сравнительно тепло (около 8 °С).

А почему цветок сон-травы, как и цветки других ранневесенних растений, имеет окраску фиолетовых, лиловых тонов? Биологам известно, что окраска цветков обусловлена наличием в них фенольных соединений — флавоноидов, а сине-фиолетовой и красно-малиновой расцветкой растения обязаны группе флавоноидов под названием антоцианы (от греч. «антос» — цветок, «кианос» — синий). Многие ученые сходятся во мнении, что наличие антоцианов предохраняет растения от действия пониженных температур. Сине-фиолетовая окраска цветков позволяет им поглощать больше энергии солнечного света, чем это было бы, например, при желтой или оранжевой окраске. Лепестки сон-травы отражают те пучки света, которые несут меньше всего энергии, остальные же лучи они поглощают, чтобы «согреться» в холодные дни ранней весны. И заметьте, в центральной части фокусируются отраженные от лепестков лучи с самыми «сильнодействующими» квантами видимого света.

Но вот отцветут ранние фиолетовые и сине-малиновые цветы, пригреет майское солнце, появятся желтые лютики на склонах и золотом покроются берега самых незначительных озер и болот — зацветет калужница. Присмотритесь к этому цветку. Живет он у воды, где мало тени, да ее и вообще мало в это время — ведь листва деревьев еще редкая. Светит на цветки горячее майское солнце да греют отраженные от воды лучи. Если не отразить те из них, на которые в спектре Солнца приходится максимальная энергия — желтые лучи — «живьем сваришься». Вот почему калужница такого золотого цвета. Красота цветка связана с его жизнестойкостью...

В каждом растеньи ты видишь влияние вечных законов,
Громче и громче с тобой каждый цветок говорит...

В. Гете



1. Получите фотопластинку со светочувствительным слоем без серебра. Для этого растворите в отдельных стаканах (в 100 мл воды) оксалат железа (III) $Fe_2(Cr_2O_4)_3$—0,6 г и хлорид меди (II) $CuCl_2$—1,4 г. Составьте смесь из 10 мл первого раствора и 0,6 мл второго, намочите в смеси фильтровальную бумажку и высушите ее — делайте все в темноте, потому что это и есть «фотопластинка». Если вырезать из бумаги какую-либо фигуру, положить на «фотопластинку» и выставить на 1 мин на солнечный свет, получится скрытое изображение фигуры. Для проявления растворите сульфат меди (II) $CuSO_4$ (3,5 г), сегнетовую соль (17 г) и гидроксид натрия (5 г) в 100 мл воды. Смешав полученный раствор с 40%-ным раствором формальдегида (в соотношении 4:1), в течение 15 мин проявляйте пластинку. Как получается изображение?

2. Можно сделать фотографию без проявления. Возьмите 5%-ный раствор, одинаковый для трех веществ: красной кровяной соли $K_3[Fe(CN)_6]$, хлорида железа (III) $FeCl_3$ и щавелевой кислоты. Объем каждого раствора 100 мл. Пропитайте полученным раствором лист фильтровальной бумаги и высушите. Если вы выставите этот лист с трафаретом на солнечный свет, то получится изображение. Объясните механизм его получения.

Литература

Вавилов С. И. Глаз и Солнце.— М.: Наука, 1981.

Кляус Е. М., Франкфурт У. И., Френк А. М. Нильс Бор.— М.: Наука, 1977.

Чирков Ю. Г. Фотосинтез: два века спустя.— М.: Знание, 1981.



Периодический закон

Когда идет разговор об общих для многих естественных наук теориях, нельзя обойти молчанием теорию строения вещества. Усвоение элементов этой теории во многом определяет научный уровень усвоения школьных курсов физики и химии. Основой для систематизации знаний о строении и свойствах вещества, полученных на уроках физики и химии, является периодический закон.

Вы привыкли пользоваться им с этой целью на уроках химии. Вы знаете, как определить химические свойства элемента, не проводя химических опытов. Для этого надо только знать место элемента в таблице Менделеева и свойства соседних с ним элементов. А можно ли пользоваться периодической системой элементов для определения их физических свойств?

Часто для того, чтобы приблизительно охарактеризовать физические свойства твердого тела, необходимо определить, принадлежит оно к металлам или к неметаллам. При помощи периодической системы элементов это легко сделать: металлы занимают левую и нижнюю часть таблицы, неметаллы — правую и верхнюю часть.

Если вещество принадлежит к металлам, то его физические и химические свойства определяются основным свойством атомов металлов — легко расставаться с валентными электронами. Так устроен мир атомов. Атомы, которые имеют на незаполненной верхней оболочке один-два электрона, легко теряют их. Это свойство металлов определяет их другие физические свойства.

Металлы — прекрасные проводники тока, потому что в кристаллической решетке металлов всегда есть свободные электроны: свободными становятся те электроны, которые атомы «потеряли». Металлы имеют большую теплопроводность, потому что теплопередача в них осуществляется с помощью не только движущихся ионов, но и свободных электронов. Упругость и пластичность металлов также обусловлена наличием свободных электронов в кристаллической решетке — металлы легко восстанавливают связи

между частицами, нарушенные под воздействием внешних усилий. Определив принадлежность элемента к металлам или неметаллам, уже можно охарактеризовать некоторые физические его свойства.

При выборе вещества с заданными свойствами всегда полезно обратиться к таблице Менделеева. Например, нам нужен полупроводник. Известно, что атомы элементов, которые по своим химическим свойствам занимают промежуточное положение между металлами и неметаллами (B, C, Si, Ge, As, Te), образуют атомные кристаллы — они не имеют свободных зарядов, как металлические кристаллы, носители тока в них образуются под воздействием внешних факторов (при повышении температуры, при освещении и др.). Кристаллы таких веществ проявляют свойства полупроводников.

Допустим, нам нужно подобрать металл для катодного покрытия, т. е. с возможно меньшей работой выхода электронов. Обратившись к периодической системе элементов, мы придем к выводу, что такой металл следует искать среди веществ, образованных атомами элементов первой группы главной подгруппы, особенно в нижней части таблицы: атомы расположенных там элементов отличаются тем, что в них со стороны ядра на валентные электроны действует сила, значительно меньшая, чем в атомах других элементов. Это обусловлено тем, что атомы элементов, расположенных в нижней части таблицы, имеют много энергетических уровней, и следовательно, валентные электроны находятся сравнительно далеко от ядра. В атомах первой группы на них действует наименьший заряд ядра $+1$ (его мы будем называть «эффективным»), остальной заряд ядра как бы «нейтрализуется» внутренними по отношению к валентным электронами. У атомов второй группы «эффективный» заряд равен $+2$, третьей — $+3$ и т. д.

Выбрать вещества с высокой или низкой температурой плавления также поможет периодическая таблица. Каждый период в периодической системе элементов начинается щелочным металлом, в кристаллической решетке которого положительные ионы «сцементированы» свободными электронами. Такие кристаллы имеют невысокую температуру плавления. Атомы следующего в периоде элемента имеют больший эффективный заряд ядра, но меньший радиус атома, что способствует увеличению прочности связи между атомами и повышению температуры плавления. С атомов третьего в периоде элемента начинается заполнение *p*-подуровня электронной оболочки: дополнительно к металлическим связям, обусловленным *s*-электронами, появляются ковалентные связи, обусловливающие бо́льшую прочность кристаллической решетки и повышение температуры плавления; наиболее высокую температуру плавления имеют кристаллы веществ, состоящие из атомов элементов, расположенных в средней части периода. К концу периода число валентных электронов у атомов элементов увеличивается, увеличивается прочность связи между двумя атомами, образующими молекулу, но уменьшается прочность связи между

молекулами, образующими кристалл. Связи между частицами кристалла в периоде изменяются от металлических через ковалентные к молекулярным. Соответственно изменяется и температура плавления кристаллов. Подтвердим наши рассуждения примером: покажем, как изменяется температура плавления кристаллов, состоящих из атомов элементов III периода:

Na	Mg	Al	Si	P	S
97,8 °C	650 °C	660,1 °C	1420 °C	580 °C	112,8 °C

Из примера видно, что самая высокая температура плавления у кристаллов кремния — элемента, расположенного в средней части таблицы, что соответствует нашим выводам.

Таблица Менделеева указывает путь, как получить вещества с заданными свойствами. Она помогла, например, при «проектировании» боразона — вещества, подобного алмазу. Кристаллическая решетка этого вещества состоит из атомов азота и бора — соседей углерода в периодической таблице. Как и в кристаллической решетке алмаза, в решетке боразона на каждые два иона приходится восемь валентных электронов, образующих ковалентные связи: по твердости и прочности боразон не уступает алмазу.

Аналогично получен полупроводник арсенид галлия. Его кристаллы состоят из атомов элементов, которые являются соседями германия в периодической таблице. Кристаллическая решетка арсенида галлия подобна решетке германия, поэтому свойства этих веществ похожи.

Квантовые числа. Каждый восьмиклассник знает, в чем состоит суть периодического закона: «Свойства химических элементов находятся в периодической зависимости от заряда атомных ядер». Д. И. Менделеев открытый им закон сформулировал несколько иначе: «Элементы, расположенные по величинам их атомного веса, представляют явственную периодичность свойств». В основу классификации элементов Менделеев положил массу атомов. Периодический закон был открыт в 1869 г. В то время строение атомов не было известно, поэтому Менделеев не мог объяснить периодичность свойств элементов. Сейчас периодическую систему элементов можем построить даже мы с вами, но для этого нужно знать квантовые числа, определяющие состояние каждого электрона в атоме. Вспомним слова Пифагора о том, что понявший тайну целых чисел узнает тайны мироздания, и наберемся терпения, чтобы понять, как заселяются электронами оболочки атома. Для этого прежде всего выясним, что представляют собой квантовые числа. С главным квантовым числом n вы встречались на страницах учебника физики в X классе. Оно определяет энергетический уровень или номер оболочки атома, на которой находится электрон. Каждому главному квантовому числу отвечает и соответствующая оболочка:

1,	2,	3,	4,	5,	6,	7...
K,	*L*,	*M*,	*N*,	*O*,	*P*,	*Q*...

Второе квантовое число l называют орбитальным или побочным, оно подчеркивает «неравноценность» всех электронов в данной оболочке. В связи с этим электронные оболочки (кроме K-оболочки) подразделяются на подоболочки, каждая из которых характеризуется определенным значением орбитального квантового числа (оно всегда меньше n и принимает целочисленные значения: 0, 1, 2, 3, ..., $n-1$). Подоболочки также обозначают буквами в соответствии со значением числа l:

0,	1,	2,	3,	4...
s,	p,	d,	f,	g...

Электроны, которые находятся на той или иной подоболочке, называются в соответствии с ее обозначением: s-электронами, p-электронами и т. д.

Чтобы определить число электронов, вмещаемых той или иной подоболочкой, надо знать еще магнитное квантовое число m и спин электрона m_s. Для данного квантового числа l магнитное квантовое число m принимает значения: 0, ± 1, ± 2, ..., $\pm l$, т. е. $2l+1$ значение. И наконец, в состоянии, определяемом тремя квантовыми числами n, l, m, может быть только два электрона с противоположными спинами ($m_s = 1/2$ и $m_s = -1/2$).

Подсчитаем, сколько электронов может быть на той или иной подоболочке. Из курса химии известно, что на второй оболочке (на втором энергетическом уровне) может быть восемь электронов. Проверим, получится ли это число, если мы при подсчетах используем знания о квантовых числах. Электроны на втором энергетическом уровне характеризуются главным квантовым числом $n = 2$; орбитальное число l может принимать два значения: 0 и 1; магнитное квантовое число m может принимать три значения: 0, ± 1,

Таким образом, каждому возможному состоянию электрона соответствуют три различных квантовых числа:

$$n = 2 \quad l = 0 \quad m = 0;$$
$$n = 2 \quad l = 1 \quad m = 0;$$
$$n = 2 \quad l = 1 \quad m = 1;$$
$$n = 2 \quad l = 1 \quad m = -1.$$

Мы получили четыре различных состояния, т. е. число различных состояний на втором энергетическом уровне равно 2^2. Теперь надо учесть, что в каждом состоянии, определяемом тремя различными квантовыми числами, может быть два электрона с противоположными спинами. Поэтому получается, что на втором энергетическом уровне электронов будет $2 \cdot 2^2 = 8$. Этот результат совпал с уже известным нам числом.

Для оболочки с номером n число электронов, очевидно, может быть определено по формуле $2n^2$.

Знания о квантовых числах помогут нам понять, почему на втором энергетическом уровне может быть два s-электрона и шесть

p-электронов. Мы уже знаем, что s-электронами называют такие электроны, для которых значение орбитального квантового числа равно 0; если $l = 1$, то такие электроны называются p-электронами и т. д.

Подсчитаем, сколько электронов с тем или иным значением l может быть на одной подоболочке (учтем при этом, что в каждом состоянии движения может быть два электрона с противоположными спинами):

$l = 0$ $2(2 \cdot 0 + 1)$ —2s-электрона;
$l = 1$ $2(2 \cdot 1 + 1)$ —6p-электронов;
$l = 2$ $2(2 \cdot 2 + 1)$ —10d-электронов;
$l = 3$ $2(2 \cdot 3 + 1)$ —14f-электронов.

Можно ли представить себе электрон? Прежде чем приступить к построению периодической таблицы, я вам перескажу содержание одной беседы. Четверо девятиклассников остались после урока убрать физический кабинет. Разговор шел об электроне и о том, как они его себе представляют.

— Я не могу представить себе электрон, как представляю какой-либо предмет. Когда я слышу это слово, у меня возникает ощущение какого-то свечения желтого цвета.

— А я представляю себе электрон в виде маленького шарика с отрицательным зарядом, который все время вращается вокруг ядра, как Земля вокруг Солнца.

— Вася, ты не прав! Разве можно сравнить движение электрона и движение планеты вокруг Солнца? Электрон движется вокруг ядра с огромной скоростью — несколько тысяч километров в секунду, поэтому мы не можем указать положение электрона в каждый момент времени, как положение планеты или ее спутника. Можешь ты узнать, где находятся шарики центробежного регулятора при большой скорости его вращения?

— Но они же образуют сплошной круг.

— Вот именно. А электрон вокруг ядра вследствие быстрого вращения образует сплошную сферу.

— Вы оба не правы. Какой «маленький» шарик? Электрон надо представлять в виде облака сферической или гантелеобразной формы. Есть облака и других конфигураций, только мы их не изучали.

— Ты знаешь только то, что выучишь. Скажи, электроны какой формы движутся по проводнику, когда идет по нему электрический ток. «Сферы» или «гантели»?

Увидев меня, ребята замолчали. Как объяснить им, что ни электрон, ни фотон нельзя вообще представить, потому что они одновременно обладают корпускулярными и волновыми свойствами? В мире, где мы живем, микрообъекты сравнивать не с чем. Поэтому бессмысленно пытаться представлять электрон или какой-нибудь атом. Если мы не можем представить электрон, то как мы можем представить его в движении вокруг ядра?

— Вы слишком громко спорите, значит, не правы.

— Нам хотелось бы знать, как выглядит электрон.

— Это ваше желание не может быть удовлетворено, потому что представить электрон невозможно. Мы можем строить только модели. Вначале было представление об электроне, как частице, и первая модель атома называлась планетарной. Ее рисунок вы видели в учебнике физики VII класса. Наверное, поэтому у кого-то из вас и создалось представление, что электрон — «маленький шарик». Позже оказалось, что электрон обладает и свойствами частицы, и свойствами волны. Поэтому его движение отлично от движений тел, которые мы наблюдаем в окружающем нас мире. Например, для него нельзя одновременно с абсолютной точностью, как для планеты, определить скорость и координату. Нельзя указать и точную траекторию. Вместо термина «орбита» в современной атомной физике и химии употребляют термин «орбиталь».

В учебнике химии изображена более поздняя модель атома, у нее вместо орбит орбитали: s-орбитали, p-орбитали. Ничего общего они с формой электрона не имеют. Орбитали дают нам представление только о том, в каких точках пространства вероятнее всего пребывание электрона в каждый данный момент времени. Сказать же точно, где находится данный электрон в данный момент времени в атоме, мы не можем. Не потому, что мы не обладаем для этого необходимыми приборами, а потому, что это невозможно вообще. И представить электрон мы не можем, потому что в нашем мире нет наглядных объектов, с которыми можно было бы его сопоставить.

Построим периодическую систему. Первое место в I периоде системы элементов мы предоставим атому с наименьшим зарядом ядра +1. Это атом водорода. Каждый атом должен быть нейтральной системой, иначе он будет неустойчивым, поэтому у атома водорода должен быть только один электрон. Он займет место на самом низком уровне, который соответствует главному квантовому числу $n=1$. Для $n=1$ число l принимает только одно значение $l=0$. Значит, орбиталь этого электрона в нашем представлении будет иметь форму сферы (s-электрон).

Для заполнения K-оболочки атому водорода не хватает одного электрона. Казалось бы, что водород должен быть очень агрессивным, т. е. захватывать электроны у других атомов. Но для этого у него мало сил — заряд его ядра меньше, чем у ядер других атомов. Поэтому чаще всего атом водорода «жертвует» своим единственным электроном; он охотно соединяется с кислородом, углеродом и атомами других элементов, которые на верхней оболочке имеют более половины электронов, необходимых для завершения внешнего электронного слоя.

Атом следующего в периоде элемента имеет заряд ядра +2, его электронная оболочка вмещает 2 s-электрона, она полностью застроена, т. е. атом «не нуждается» в электронах и поэтому химические реакции, в результате которых можно было бы получить

недостающие до заполнения оболочки электроны, его «не интересуют». Гелий — инертный газ. I период закончен.

У атомов II периода будет застраиваться *L*-оболочка, на ней может поместиться $2n^2 = 8$ электронов — в этом периоде будет восемь элементов. Начинается период литием, в его атоме на *K*-оболочке 2 *s*-электрона, на *L*-оболочке 1 *s*-электрон. Энергия связи этого электрона с ядром почти в четыре раза меньше, чем электрона в атоме водорода, поэтому литий легче теряет свой валентный электрон,— это металл. Атом бериллия на *s*-подуровне *L*-оболочки имеет 2 *s*-электрона, энергия их связи с ядром больше, чем у лития, так как на них действует больший заряд ядра, поэтому бериллий менее активный металл, чем литий.

С атома бора начинается заселение *p*-подуровня *L*-оболочки. Заряд, действующий на валентные электроны, увеличивается, а значит, увеличивается связь электронов с ядром, поэтому металлические свойства проявляются в меньшей степени. Поскольку на *p*-подуровне может быть шесть электронов, то заселение его электронами соответствует шести элементам: B, C, N, O, F, Ne. Оканчивается период инертным газом неоном.

Следующий период начинается щелочным металлом натрием и заканчивается инертным газом аргоном, в нем также восемь элементов; у атомов этих элементов застраивается *M*-оболочка. Элементы III периода по своим свойствам похожи на элементы предыдущей восьмерки, так как их внешние оболочки одинаковы. Таким образом, можно построить всю периодическую систему. Но построили мы периодическую систему ... атомов. Периодическая система элементов глубже и шире периодической системы атомов. Знание физических законов помогает объяснить причины периодичности свойств элементов — они определяются периодичностью застройки внешних оболочек атомов электронами. Но если нам надо определить химические свойства элементов и объяснить их, знаний о строении атомов уже недостаточно.

Согласно квантовомеханическим представлениям об атоме электрон в нем делокализован — его координаты нельзя определить с такой же точностью, как координаты планеты на орбите, они имеют неопределенность порядка атома. При рассмотрении состояния электрона в атоме физики вводят представление об электронном облаке. Форма и эффективные размеры его определяются квантовыми числами *n* и *l* и, значит, меняются при переходе электрона из одного состояния в другое — отождествлять электронное облако с электроном нельзя, тем более невозможно связывать электронное облако с каким-то наглядным представлением об электроне.

Чтобы описать размеры и форму электронного облака, вводят некоторую функцию («пси»-функцию, ее называют также волновой функцией). Пси-функция дает возможность определить вероятность обнаружения электрона с данными квантовыми числами

в некотором элементе объема. Но для этого надо решить уравнение Шредингера. Решение этого уравнения приводит к строгому выводу последовательности заполнения электронных оболочек и подоболочек атомов, однако пока оно получено только для простейших атомов. Так что фактической теории структуры периодической системы элементов еще нет. Несмотря на это, квантовая теория позволяет многое понять в периодической системе элементов.

Попробуем ответить на следующие вопросы: почему каждая группа в таблице разделяется на две подгруппы? Почему элементы одной и той же группы, но разных подгрупп так разительно отличаются друг от друга химическими и физическими свойствами? Для определенности выберем какую-нибудь группу, хотя бы четвертую. Внешние электроны атомов этой группы (рис. 17) неодинаковы: у атомов элементов главной подгруппы это 2 *s*-электрона и 2 *p*-электрона одного и того же энергетического уровня (углерод, кремний, германий, олово, свинец); атомы элементов другой подгруппы на внешней оболочке имеют 2 *s*-электрона одного энергетического уровня и 2 *d*-электрона предыдущего уровня (титан, цирконий, гафний, курчатовий). Элементы побочной подгруппы — химически стойкие металлы, не поддающиеся коррозии, одинаково ведущие себя в химических реакциях с одними и теми же веществами. Элементы главной подгруппы совершенно не похожи на элементы побочной подгруппы: углерод — неметалл, кремний, германий — неметаллы, олово и свинец — металлы. С увеличением расстояния валентных элек-

17

6	C	K $1s^1$	L $2s^2 2p^2$
14	Si	L $2s^2 2p^6$	M $3s^2 3p^2$
Ti	22	M $3s^2 3p^6$	N $3d^2 4s^2$
32	Ge	M $3d^{10}$	N $4s^2 4p^2$
Zr	40	N $4s^2 4p^6$	O $4d^2 5s^2$
50	Sn	N $4d^{10}$	O $5s^2 5p^2$
Hf	72	O $5s^2 5p^6$	P $5d^2 6s^2$
Pb	82	O $5d^{10}$	P $6s^2 6p^2$
Ku	104	P $6s^2 6p^6$	Q $6d^2 7s^2$

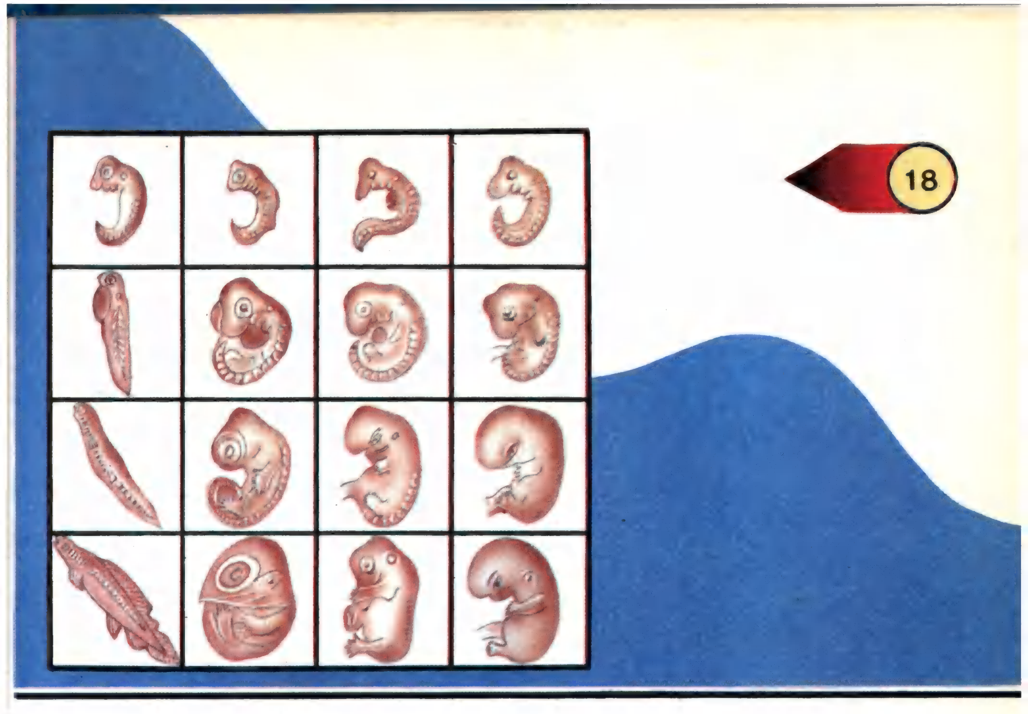
ПЕРИОДЫ	ГРУППЫ							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	1 H 1 +1							2 He 2 +2
2	3 Li 1 2 +3	4 Be 2 2 +4	5 B 3 2 +5	6 C 4 2 +6	7 N 5 2 +7	8 O 6 2 +8	9 F 7 2 +9	10 Ne 8 2 +10
3	11 Na 1 8 2 +11	12 Mg 2 8 2 +12	13 Al 3 8 2 +13	14 Si 4 8 2 +14	15 P 5 8 2 +15	16 S 6 8 2 +16	17 Cl 7 8 2 +17	18 Ar 8 8 2 +18

тронов от ядра металлические свойства элементов начинают проявляться в большей степени. В побочной же группе все элементы — металлы. Как видим, физические и химические свойства элементов определяются как числом валентных электронов их атомов, так и состоянием этих электронов.

Периодичность в природе представлена не только периодическим законом. В природе можно часто наблюдать, что состояние того или иного объекта полностью повторяется через определенные промежутки времени: движение космических тел вокруг центра Галактики, движение планет вокруг центрального светила, движение электронов вокруг ядра, колебание векторов магнитной индукции и электрической напряженности в электромагнитной волне и др.

В процессе развития также происходит повторение состояния объекта, но оно неполное, это только кажущийся возврат к старому. Примером частной периодичности может служить уже знакомая нам таблица элементов Менделеева. Из приведенного на рисунке 18 фрагмента таблицы видно, что каждый период начинается более активным металлом, чем предыдущий: натрий более активный металл, чем литий, а калий, которым начинается IV период системы элементов, еще более активный, чем натрий. В направлении сверху вниз нарастают металлические свойства элементов: в каждом периоде свойства элементов повторяют свойства элементов предыдущего периода, но это неполное повторение.

Вас не удивляет, что рядом с фрагментом таблицы Менделеева иллюстрация к биогенетическому закону? Но ведь мы говорим о не-

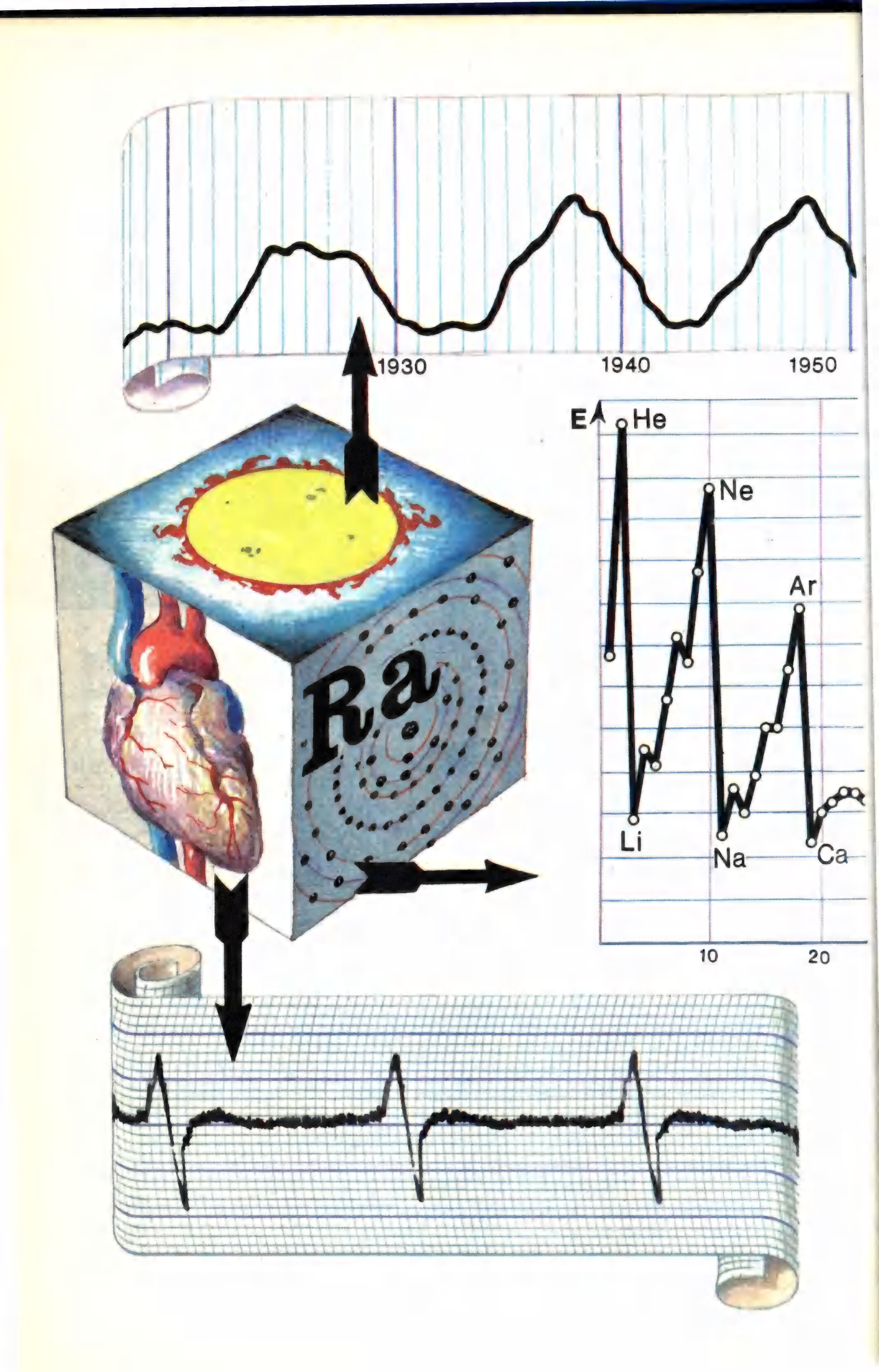


полной повторяемости, а она здесь проявляется: каждая особь в индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет историю развития своего вида (филогенез) — онтогенез есть краткое повторение филогенеза.

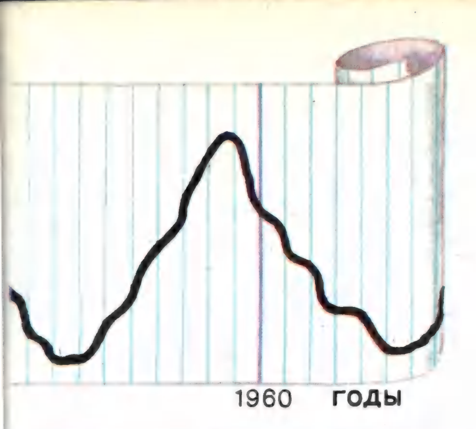
Странное чувство охватывает нас, когда мы смотрим на эти рисунки и пытаемся понять законы природы: внутри атома аргона как бы «спрятан» атом неона, а в начале жизни человеческого зародыша — зародыш рыбы или ящерицы... Конечно, человеческий зародыш на определенном этапе только «якобы» зародыш рыбы или ящерицы — это неполное повторение — иначе из него развилась бы рыба или ящерица.

В живой природе можно найти сколько угодно примеров и полной повторяемости, потому что повторяемость, ритм являются формой существования всего живого. В любом организме органы, ткани, клетки работают ритмично. Даже мембраны клеток пропускают ионы в определенном ритме. Нарушение какого-то ритма — признак нарушения жизнедеятельности организма.

Система ритмов в живом организме многоярусна. На нижнем ярусе ритмы клеточные и субклеточные. Из них складываются более сложные ритмы — тканевые, которые служат основой для ритмичной деятельности органов. Ритмично работают органы кровообращения, дыхания, эндокринные железы, нервная система и другие органы. Например, при работе сердца периодически происходит сокращение мускулатуры сердца и ее расслабление. Периодичность деятельности сердца отражает его электрокардиограмма (рис. 19).



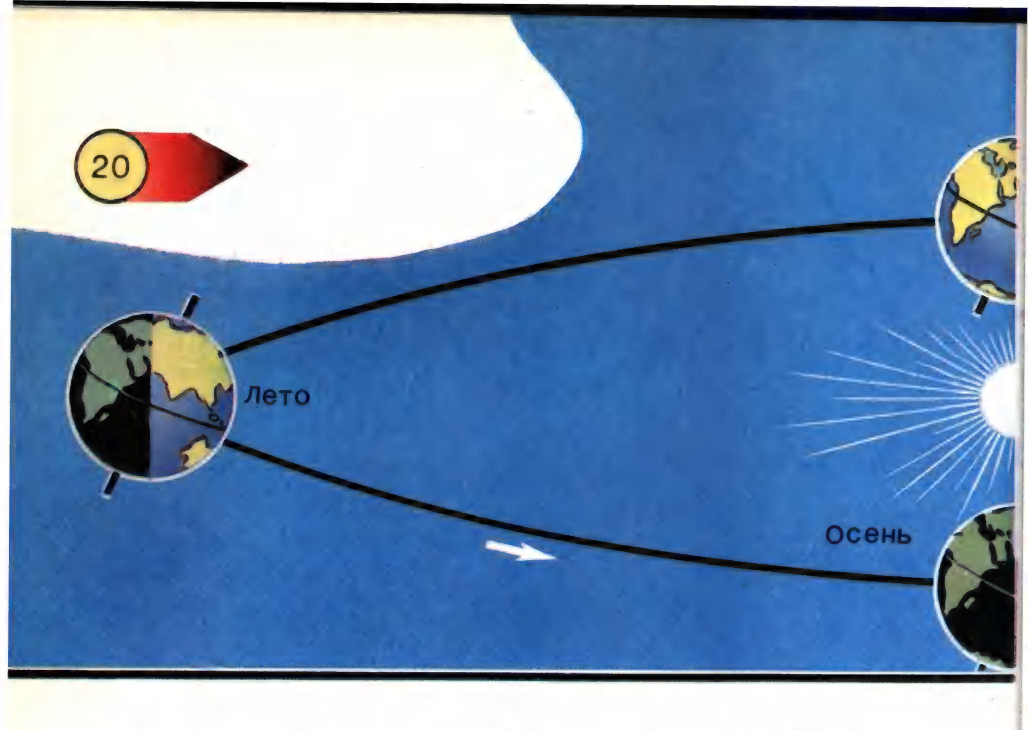
1930
1940
1950
E
He
Ne
Ar
Li
Na
Ca
10
20
Ra





На этом же рисунке показаны графики, характеризующие изменение энергии ионизации нейтральных атомов в зависимости от порядкового номера элемента и изменение солнечной активности с течением времени.

Задумаемся над тем, почему периодичность так распространена в природе, что было бы без нее? Это трудно даже представить себе. Ведь периодичность — условие постоянства структур, функционирования систем. Действительно... Пока электрон периодически движется вокруг ядра, атом остается целым (мы не говорим о внутриядерных процессах в атоме); пока Земля периодически

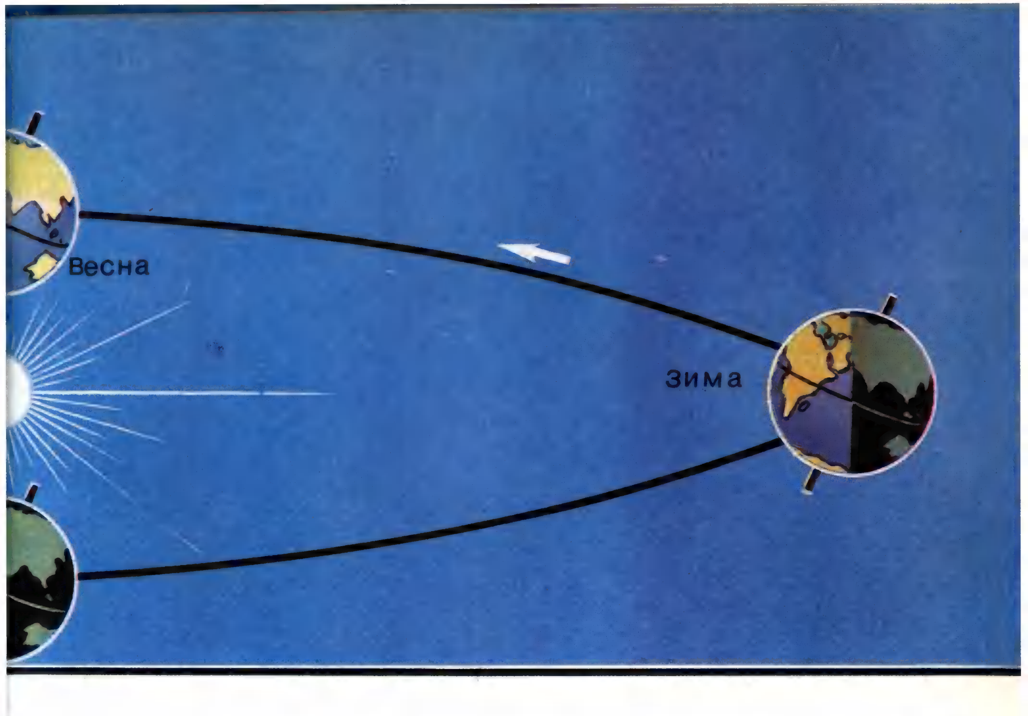


движется вокруг Солнца, как и остальные планеты, с Солнечной системой все «в порядке»; пока в кристалле частицы расположены в определенной очередности и на определенном, свойственном для этого кристалла расстоянии, с кристаллом все «в порядке», пока ровно стучит сердце, с ним все «в порядке»...

И заметьте, один «порядок» в природе порождает другой. Ведь ритмичная работа органов обусловливает ритмичность деятельности организма в целом, его суточный ритм, а он в свою очередь обусловлен периодическим движением Земли вокруг своей оси. Время нашего сна, бодрствования, принятия пищи, подъема и спада работоспособности определяется вращением Земли вокруг своей оси.

Каждый организм подчиняется еще и сезонной периодичности, которая обусловлена движением Земли вокруг Солнца и наклоном оси вращения Земли к плоскости земной орбиты (рис. 20). Так как в различных точках своей орбиты Земля получает разную энергию от Солнца, то протяженность дня и ночи зависит от положения Земли относительно Солнца. Весна, лето, осень, зима наступают в связи с периодическим движением Земли вокруг Солнца, а именно эти времена года обусловливают различия в жизнедеятельности представителей флоры и фауны на протяжении года.

Период, благоприятствующий развитию живых организмов в нашей географической зоне, продолжается примерно около шести месяцев. Растения бурно развиваются до середины лета. В середине лета, хотя достаточно тепла и осадков, рост растений замедляется или полностью прекращается.



Вторая половина лета — период созревания плодов у растений, накопления в их тканях питательных веществ. Растения готовятся к зиме.

Среди ритмов в природе привлекают внимание геологические, проявляющиеся в масштабах миллионов лет, их называют «волнами жизни». Некоторые ученые считают, что геологические ритмы связаны с космическим влиянием на Землю, в частности с вращением Солнечной системы вокруг центра нашей Галактики и поочередным вхождением Земли в области космоса с различной напряженностью гравитационных полей.

Изучением космических процессов, их влияния на развитие жизни много занимался выдающийся советский ученый А. Л. Чижевский.

Нет возможности здесь рассказать обо всех научных открытиях и исследованиях Чижевского. Достаточно лишь сказать, что он исследовал и установил влияние периодической изменяемости активности Солнца на такие явления, как рост древесины, интенсивность размножения и миграции насекомых, время цветения растений, вековой и годовой ход смертности и др.

Да, если попытаться нарисовать себе общую картину периодических явлений и процессов в природе, то так и хочется вспомнить слова великого Гераклита: «Этот мировой порядок не создан никем из богов и никем из людей, но он был, есть и будет вечно живым огнем, мерами угасающим и мерами вспыхивающим».



1. Какое физическое свойство атомов было положено Д. И. Менделеевым в основу классификации элементов?

2. Какие энергетические характеристики можно использовать, чтобы определить принадлежность вещества к металлам или неметаллам?

3. Почему свойства веществ в периодах повторяются?

4. Как развитие квантовой механики повлияло на углубление понимания периодического закона?

5. В 1875 г. П. Лекок де Буабодран добыл галлий. Это редкий металл, и его удалось получить в небольшой дозе, немногим больше булавочной головки. Но П. Л. де Буабодран сумел определить плотность галлия, температуру плавления и другие свойства. Вскоре через Парижскую академию наук П. Л. де Буабодран получил письмо от Д. И. Менделеева, в котором сообщалось, что в определении свойств галлия все верно, за исключением плотности: она не 4,7 г/см^3, а 5,9 г/см^3. Как Менделееву удалось определить плотность галлия, даже не видя его?

6. Проверьте, соответствует ли общее число электронов на электронных слоях (см. рис. 17) порядковым номерам элементов в периодической таблице Д. И. Менделеева.

Литература

Васильев М. В. Материя: Повествование об элементах, стихиях и царствах природы.— М.: Сов. Россия, 1977.

Гольданский В. И. Периодический закон и новое в изучении строения вещества.— М.: Знание, 1974.

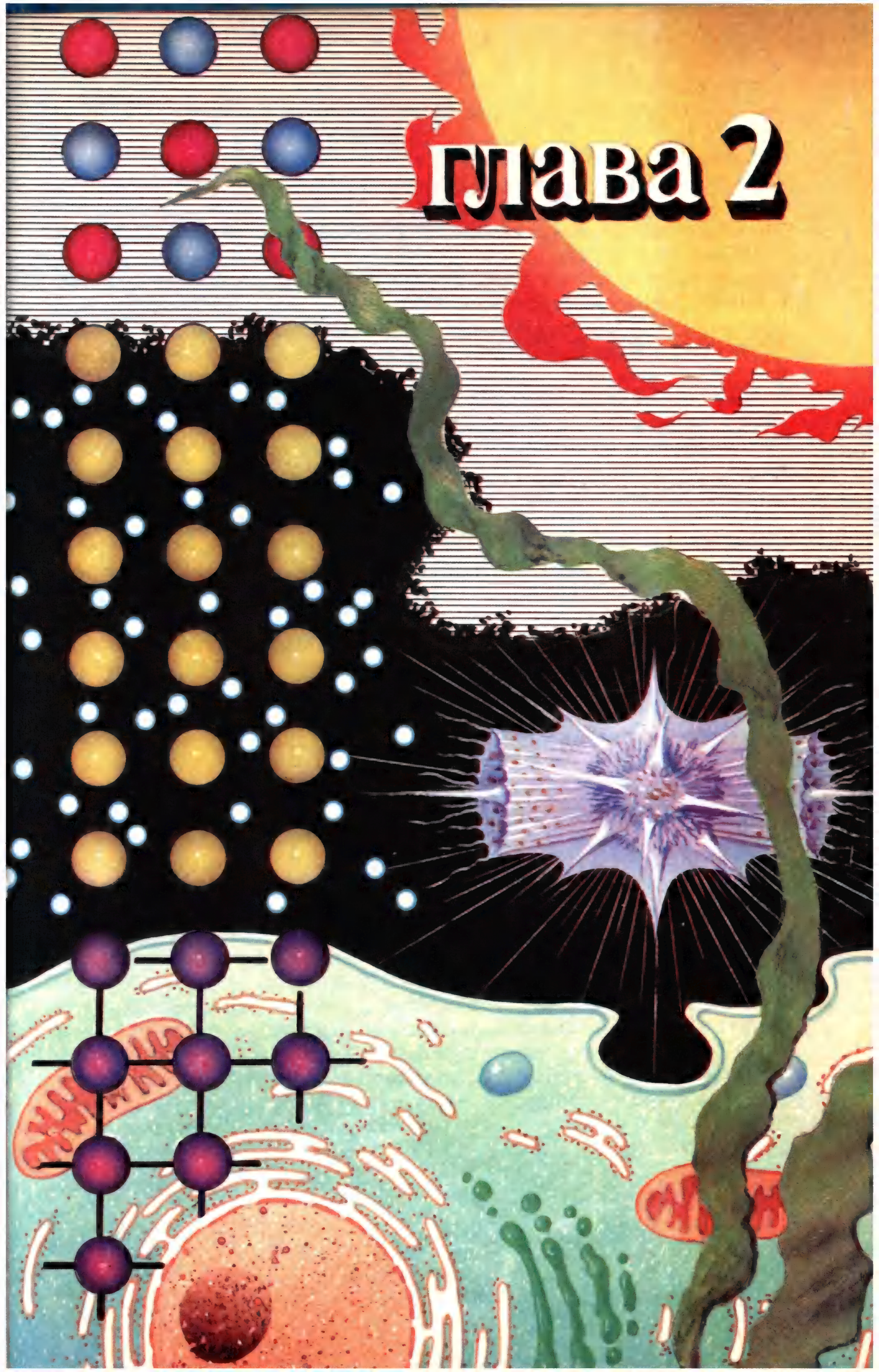
Данин Д. Вероятностный мир.— М.: Знание, 1981.

Петрянов И. В., Трифонов Д. Н. Великий закон.— М.: Педагогика, 1976.

Тарасов Л. В. Основы квантовой механики.— М.: Высшая школа, 1978.

Чижевский А. Л. В ритме Солнца.— М.: Наука, 1969.

Чижевский А. Л. Вся жизнь.— М.: Сов. Россия, 1974.


глава 2

Сведение
множества к единому —
в этом первооснова Красоты.

Пифагор

В этой главе речь пойдет о применении фундаментальных законов природы к объяснению различных явлений, изучаемых на уроках физики, химии и биологии.

Мир для человека существует в качественной и количественной определенности, для явлений и процессов в нем характерна регулярность и повторяемость. Понимание мира достигается благодаря открытию единых устойчивых структур, которые лежат в основе многообразия изменяющихся явлений. Открыть эти структуры помогают законы сохранения, в этом их важнейшая роль в науке. По словам швейцарского психолога Жана Пиаже, «всякое знание, независимо от того, является ли оно научным или просто вытекающим из здравого смысла, предполагает явно или скрыто — систему принципов сохранения».

Как-то я своему четырехлетнему приятелю, который мог складывать или вычитать только при помощи пальцев, задала явно непосильный для него вопрос: «Сколько будет, если к двенадцати прибавить четыре?» Каково же было мое удивление, когда через минуту он «выдал» ответ: «Шестнадцать!» На мой вопрос, как он это узнал, Дима невозмутимо ответил: «Я четыре раза к двенадцати прибавил по единице». Маленький мыслитель, выполняя действия вычитания и сложения в пределах десяти, самостоятельно пришел к пониманию сохранения общего числа единиц и применил это знание в новой ситуации...

Можно многое рассказать о значении законов сохранения в науке, о их теоретической, методологической, эвристической, генерализующей функции, но мне вспомнились слова героя эпоса «Махабхарата»: «Противоречивыми словами ты меня сбиваешь с толку. Говори лишь о том, чем я могу достигнуть блага». В данном случае благо — научиться применять небольшое число законов сохранения к неограниченному числу явлений и фактов, свести множество к единому и увидеть простоту и красоту мира. Если даже Дима со своим четырехлетним жизненным опытом сумел применить идею сохранения и достичь «блага», решив непосильную для него задачу, то какие возможности для получения его предоставляются вам! Постарайтесь только законы сохранения энергии и электрического заряда, которые изучаются на уроках физики, применить в других ситуациях, например на уроках химии и биологии; а закон сохранения массы вещества, который изучается на уроках химии, применить для объяснения физических и биологических явлений. Сейчас для некоторых явлений мы это попытаемся сделать вместе. Я не приглашаю вас на речку или в лес, у нас другая задача — убедиться, что законы сохранения — это фундаментальные законы природы; они лежат в основе объяснения частных законов и самых разнообразных явлений природы, в основе решения задач, расчетов.

Побудем наедине с книгой.

Закон сохранения массы вещества



Этот закон — первый закон сохранения в истории науки, он утверждал важнейшую научную идею — идею сохранения. Это сейчас, когда открыты и утвердились в науке другие законы сохранения, он называется основным законом химии, вначале же он служил основой всего естествознания — ведь закон сохранения энергии был открыт только через 150 лет после открытия закона сохранения массы вещества. Этот закон неразрывно связан с именем выдающегося русского ученого М. В. Ломоносова.

К закону сохранения материи и движения Ломоносов пришел на основе общих теоретико-философских рассуждений, развивая и конкретизируя идеи античных атомистов. Впервые мы встречаем формулировку этого закона в его письме к Л. Эйлеру от 5 июля 1748 г.: «...все встречающиеся в природе изменения происходят так, что если к чему-либо нечто прибавилось, то это отнимется у чего-то другого. Так, сколько материи прибавляется какому-либо телу, столько же теряется у другого, сколько часов я затрачиваю на сон, столько же отнимаю у бодрствования» и дальше «Так как это всеобщий закон природы, то он распространяется и на правила движения: тело, которое своим толчком возбуждает другое к движению, столько же теряет своего движения, сколько сообщает другому, им двинутому».

Закон сохранения массы вещества был доказан М. В. Ломоносовым экспериментально на основе опытов по обжигу металлов в запаянных сосудах.

Всестороннее же экспериментальное обоснование этому закону дал Антуан Лоран Лавуазье, сын парижского адвоката. Первоначальное образование Лавуазье получил в колледже Мазарини, где изучал математику и астрономию, прошел курс физики. По окончании колледжа Лавуазье поступил на юридический факультет Парижского университета, одновременно с юриспруденцией изучал физику и химию. Всестороннее образование позволило Лавуазье сделать открытия, которые прославили Францию.

В 1772 г. Лавуазье, выполнив серию опытов, пришел к правильному выводу о процессах горения, к открытию сложного состава воздуха, закона сохранения массы вещества. В своих исследованиях Лавуазье опирался на экспериментальные данные, полученные Блэком, Пристли, Шееле и другими исследователями.

Врач Джозеф Блэк открыл углекислый газ (оксид углерода (IV) CO_2), установил существование удельной теплоты плавления и парообразования, ввел понятие теплоемкости. В своей докторской диссертации он решил опровергнуть мнение относительно пользы лекарства для изгнания камней из мочевого пузыря. «Лекарство» представляло собой смесь толченых прокаленных улиток, яичной скорлупы, целебных трав и меда. Исследуя каждое из входящих в снадобье веществ, Блэк обнаружил, что при прокаливании известняка выделяется какой-то газ. Тот же газ образуется при действии кислоты на это вещество. Выделившийся газ Блэк снова пропустил через известковую воду и «связал» его. Так в химии появилось новое вещество — «связанный воздух».

Через пятнадцать лет после открытия Блэка «связанным воздухом» заинтересовался Пристли. Любознательный пастор обратил внимание на газ, выделявшийся в изобилии из огромных чанов, в которых бродило сусло (он жил по соседству с пивоварней), и занялся его исследованием. Пристли доказал, что «связанный воздух» становится вновь пригодным для дыхания благодаря зеленым растениям. Но ни Блэк, ни Пристли не смогли определить количественный состав «связанного воздуха», это удалось сделать Лавуазье.

Лавуазье поместил алмаз в изолированный сосуд и сжег его с помощью солнечных лучей. Для этого он изготовил линзу рекордных по тем временам размеров — диаметром 75 см. Тщательно исследовав образовавшийся газ, Лавуазье пришел к выводу, что он состоит из 23,5—28,9 части углерода и 71,1—76,5 части кислорода. Из этих цифр была выведена привычная теперь для нас формула оксида углерода (IV) CO_2. Лавуазье произвел анализ воды и ее синтез, доказал сложный состав воздуха. Выполнив множество опытов, связанных с окислением веществ, Лавуазье установил, что масса подвергшихся окислению тел увеличивается за счет кислорода воздуха на столько, на сколько уменьшается масса последнего, а масса реагирующих веществ остается постоянной. Так был открыт закон сохранения массы вещества.

Лавуазье считал установленный им закон опытным обоснованием принципа сохранения материи, который им был сформулирован так: «Ничто не создается ни при искусственных, ни при естественных операциях, и можно принять за правило принцип, что в каждом процессе в начальный и конечный момент времени находится неизменное количество материи».

Так закон сохранения массы вещества стал основой для утверждения одной из древнейших и важнейших научных идей — идеи сохранения.

Именно представления о сохранении массы вещества, которые бытовали в науке еще до открытия закона сохранения массы вещества, помогли опровергнуть господствовавшее на протяжении многих веков в науке мнение, что земля — единственная пища растений. Сделал это голландский естествоиспытатель Гельмонт. Его знаменитый опыт длился 5 лет. В горшок насыпали тщательно просушенную и взвешенную землю. В нее посадили тщательно взвешенную ветку ивы. Горшок был накрыт крышкой, чтобы в него не попадали пыль и сор; иву поливали дождевой водой. Через 5 лет растение увеличило свою массу на 65,675 кг, а масса земли в горшке уменьшилась только на 60 г. Таким образом, земля никак не могла являться единственной пищей растений. Этот опыт дал толчок к проведению множества других опытов, благодаря которым была раскрыта сущность фотосинтеза.

Фотосинтез... Деревья, цветы, травы, птицы, муравьи и мы с вами — все это существует благодаря фотосинтезу. Также благодаря ему происходит накопление живого вещества в биосфере. Сейчас ее биомасса составляет примерно 10 000 млрд. т. Сравнив эту массу с массой Земли (около $6 \cdot 10^{21}$ т), мы увидим, что она много меньше массы Земли. Но, как сказал В. И. Вернадский, «на земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому более могущественной по своим последствиям, чем живые организмы, взятые в целом».

Расчеты показывают, что примерно через миллиард лет вследствие жизнедеятельности живых организмов биомасса должна была бы превысить массу Земли. Жизнь существует на Земле примерно около 3 млрд. лет. Почему же этого не произошло? В биосфере происходит круговорот веществ: атомы каждого из элементов, из которых построены организмы, воспринимаются из веществ, образовавшихся вследствие разложения тел организмов, окончивших свою жизнь. Но нельзя сказать, что масса всех веществ, участвующих в жизнедеятельности организмов, остается постоянной. И не потому, что в биологических процессах не действует закон сохранения массы вещества, а потому, что биосфера — открытая система.

Степень воспроизводства циклов в биогеохимическом круговороте веществ в биосфере достигает 90—98%. Часть атомов уходит в космическое пространство. Часть накапливается в земной коре. То, что мы считаем биогенными полезными ископаемыми (залежи железа, мела, угля, нефти и др.), не что иное, как бесполезные с точки зрения жизнедеятельности продукты, прошедшие цикл подземных превращений. «Открытость» биогеохимического круговорота обусловлена также и тем, что в него поступает оксид углерода (IV) из недр Земли. Этот круговорот открыт еще и потому, что он совершается с использованием солнечной энергии. Каждый год в процессе фотосинтеза растения поглощают около $1,6 \cdot 10^{21}$ Дж энергии. А ведь энергия приходит не сама по себе, ее приносят фотоны, которые обладают массой. Воспользовавшись формулой

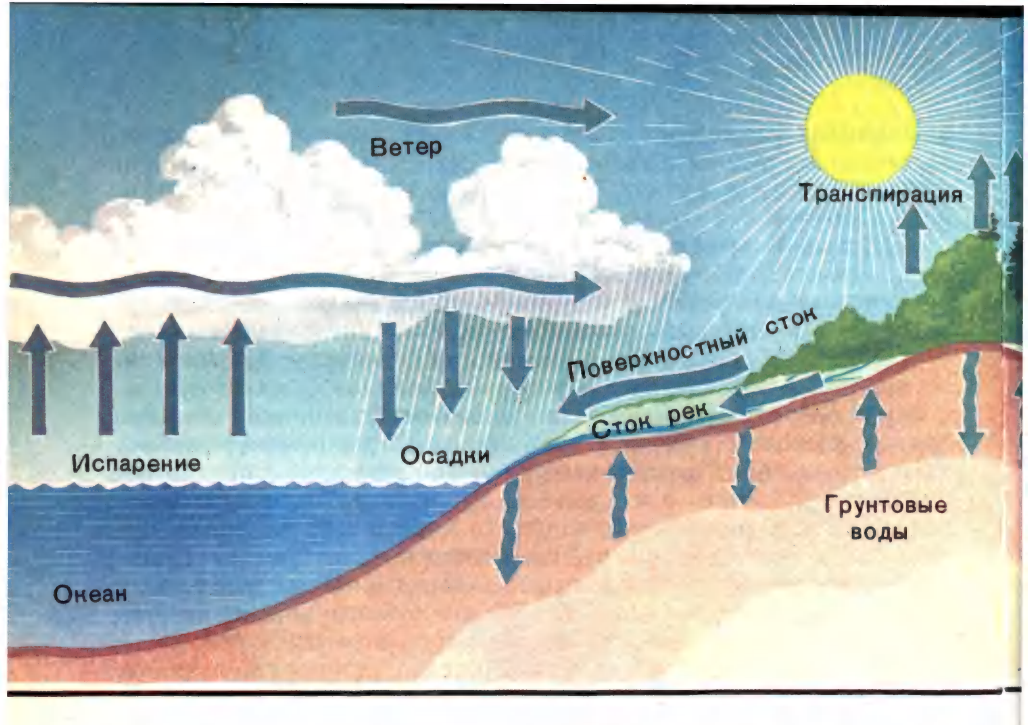
взаимосвязи массы и энергии $E=mc^2$ (где E — энергия, m — соответствующая ей масса, c — скорость света), можно вычислить, на сколько увеличится масса биосферы за счет поглощенной растениями энергии.

Круговорот веществ в биосфере происходит не только вследствие жизнедеятельности организмов. Например, вода по своему процентному содержанию в теле живого организма занимает первое место. Ее молекулы служат источником кислорода, выделяемого зелеными растениями в процессе фотосинтеза. При дыхании же происходит образование новых молекул воды. За время существования биосферы вся свободная вода в географической оболочке прошла несколько циклов разложения растительными организмами и регенерации в дыхательных системах всех живых организмов биосферы. Конечно, эти процессы происходили в соответствии с законом сохранения массы вещества. Однако в круговороте воды в биосфере основную роль играет не живое вещество, а солнечное излучение (рис. 21). Благодаря ему вода испаряется с поверхности водных бассейнов и суши, атмосферная влага конденсируется, образуются облака, которые ветром перемещаются в атмосфере. При охлаждении облаков выпадают осадки, причем над сушей их выпадает больше, чем над Мировым океаном. Баланс влаги между сушей и водными бассейнами поддерживается реками. Таким образом, масса воды в географической оболочке, несмотря на агрегатные переходы, остается постоянной.

Но вернемся к закону сохранения массы вещества. Рассмотрим с этой точки зрения один из важнейших процессов, который происходит в каждом живом организме, в том числе и в нашем,— обмен веществ. Он представляет собой единство двух процессов: ассимиляции и диссимиляции — совокупность изменений, которые претерпевают вещества от момента их поступления в пищеварительный тракт до образования конечных продуктов распада, выделяемых из организма.

Химические превращения пищевых веществ начинаются в пищеварительном тракте, где белки, жиры, углеводы расщепляются на более простые химические соединения, способные всосаться через слизистую оболочку кишечника и стать строительным материалом в процессах ассимиляции. Поступив в кровь и лимфу, эти вещества приносятся в клетки, где с ними в результате процессов ассимиляции и диссимиляции происходят различные изменения. Образовавшиеся сложные органические вещества входят в состав клеток, а энергия, выделившаяся при распаде веществ в клетках, используется для процессов жизнедеятельности организма. Те продукты обмена, которые не используются организмом, выводятся из него. Все химические и биохимические процессы происходят в согласии с законом сохранения массы вещества — ни один атом не исчезает при этом и не появляется из ничего.

Покажем, какое значение имеет этот закон, на примере обмена белков. Синтез белковых веществ в организме идет непрерывно,

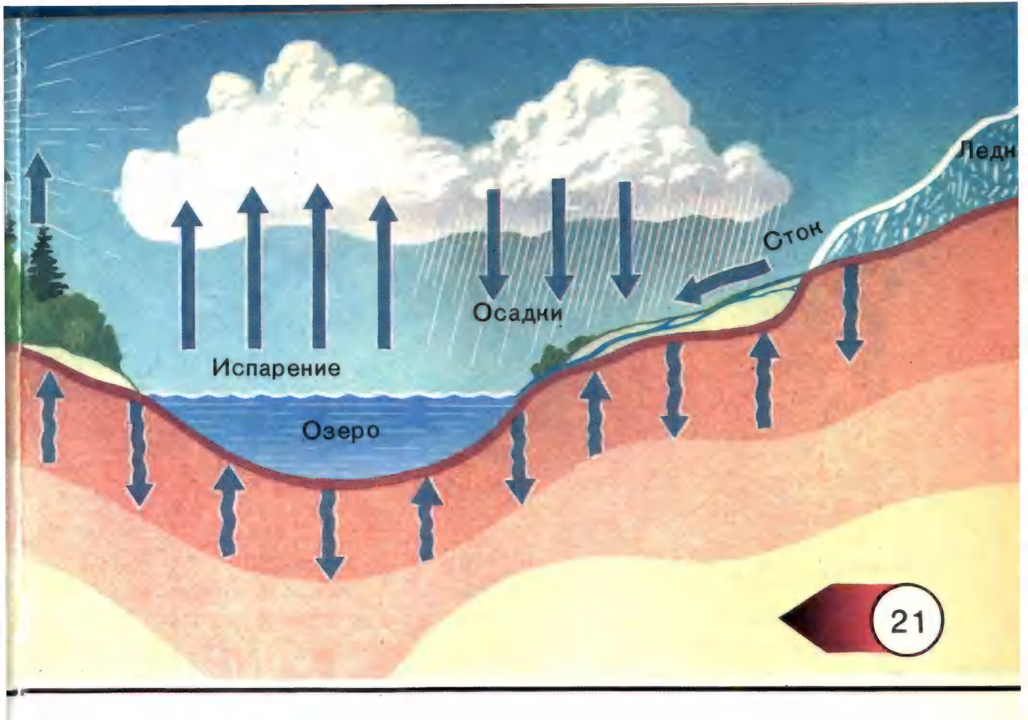


так как непрерывно идет их разрушение. Организм, в особенности молодой и растущий, обязательно в составе пищи должен получать белки. Уровень белкового обмена можно определить по балансу азота. «Баланс» же веществ составлятся на основе закона сохранения массы вещества. Объясним термин «азотистый баланс»: азотистым балансом называется отношение массы азота, поступившего в организм с пищей, к массе азота, выведенного из него. Если массы одинаковы, то в организме наблюдается азотистое равновесие. Если белка распадается меньше, чем его поступает в организм, то создается положительный азотистый баланс, который характерен для растущего организма. Отрицательный же баланс наблюдается при заболеваниях, старении, а также при отсутствии в организме некоторых необходимых аминокислот.

Когда мы говорим о сохранении веществ в процессах, которые происходят в биосфере, в географической оболочке, мы имеем в виду, что число атомов, участвующих в этих процессах, не меняется, и масса каждого атома как мера его инертных и гравитационных свойств также остается постоянной.

Может быть, мы, решая задачи, не всегда упоминаем о том, что при плавлении, испарении, химических реакциях, деформации и других подобных процессах масса веществ остается постоянной, но мы этим положением пользуемся.

Вспомните, как решаются задачи, в которых идет речь об агрегатных переходах вещества: мы считаем, что масса льда, масса воды, из него образовавшейся, масса пара, в который превращается эта вода, одинаковы. И это не противоречит практике. Хотя



мы и знаем, что всякое изменение энергии системы сопровождается изменением ее массы — вспомните закон взаимосвязи массы и энергии, открытый Эйнштейном. Но если мы подсчитаем изменение массы, например, для реакции горения 1 моль углерода ($C+O_2=CO_2+4{,}02\cdot10^5$ Дж), то придем к выводу, что его учесть никакими весами невозможно — оно равно 0,0000000000044 кг.

В химических, биологических, тепловых, механических, электрических, магнитных явлениях, т. е. в процессах, где не происходит взаимопревращения элементарных частиц, действует закон сохранения массы вещества. Во всех же процессах, связанных с ядерными превращениями, следует учитывать изменение массы, соответствующей энергии поля — закон сохранения полной массы системы.

В настоящее время, когда науке стало известно, что массой обладают не только частицы, имеющие массу покоя, но и что всякое изменение энергии сопровождается изменением массы системы, считающийся раньше незыблемым и всеобщим закон сохранения массы вещества утратил свой всеобщий характер и стал частным законом более общего закона — закона сохранения массы. Да и этот последний физики объединяют с законом сохранения энергии и считают, что в природе действует закон сохранения массы и энергии. В процессе познания человечество открывает все более общие законы, нет абсолютной уверенности, что и этот общий закон останется общим на все времена. Есть только уверенность, что процесс познания тайн природы бесконечен...



1. Прочитайте рубаи Омара Хайяма, поэта XI в.:

Ты жаждой не страдал, голодным ты не был.
Ты все, чем томишься, от четырех добыл.
И каждому возвратишь ты подарок,
И снова станешь тем, чем ты вначале был.

«От четырех добыл» — имеются в виду четыре стихии — земля, вода, воздух, огонь, из которых, как считали во времена Омара Хайяма, состоит все сущее.

Как это стихотворение сочетается с представлениями о круговороте веществ в биосфере, с законом сохранения массы вещества?

2. Какие законы вы будете использовать, чтобы доказать равенство удельной теплоты плавления и удельной теплоты кристаллизации? удельной теплоты испарения и удельной теплоты конденсации?

3. Вода объемом 4 л нагрелась от 20 до 100 °С. Изменилась ли при этом ее масса?

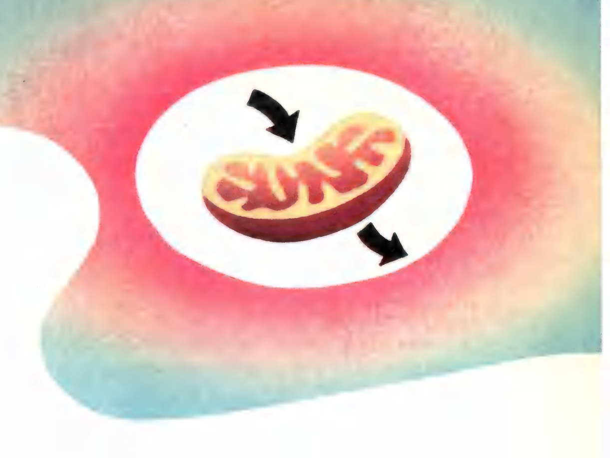
4. В книге Ф. Кривина «Ученые сказки» можно прочитать: «360 000 000 т в сутки теряет Солнце в процессе излучения. Вот прекрасное средство для всех желающих сбросить вес. Отдавайте миру свою теплоту, освещайте мир своими лучами...» Проверьте, прав ли писатель. Действительно ли масса Солнца на столько уменьшается за сутки? Значение солнечной постоянной можно взять из учебника астрономии.

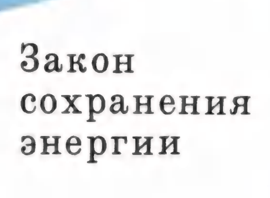
Литература

Гельфер Я. М. Законы сохранения.— М.: Наука, 1967.

Лапо А. В. Следы былых биосфер.— М.: Знание, 1979.

Фурман А. Е., Ливанова Г. С. Круговороты и прогресс в развитии материальных систем.— М.: МГУ, 1978.





Закон сохранения энергии

Вначале рассмотрим возможности применения закона сохранения и превращения энергии в химии.

Тепловые эффекты химических реакций. Известно, что химические реакции бывают экзотермическими (с выделением энергии) и эндотермическими (с поглощением энергии). Количество теплоты, выделяемое или поглощаемое в процессе реакции, определяется изменением внутренней энергии реагирующих веществ. При химических реакциях происходит перестройка химических связей частиц реагирующих веществ. Во время экзотермических реакций химические связи перестраиваются таким образом, что внутренняя энергия реагирующих веществ уменьшается, на столько же увеличивается внутренняя энергия тел окружающей среды. При эндотермических реакциях внутренняя энергия реагирующих веществ возрастает за счет уменьшения на такое же значение энергии объектов, окружающих реагирующие вещества. Таким образом, тепловой эффект химической реакции — это изменение внутренней энергии реагирующих веществ.

Для примера вычислим тепловой эффект при взаимодействии 1 моль цинка с разбавленной серной кислотой при температуре 20 °С. При этом учтем, что вследствие изменения химических связей выделяется энергия, равная 143,092 кДж.

Запишем уравнение химической реакции:

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow + \Delta E$$

Как видим, в процессе реакции выделяется 1 моль водорода, система расширяется, при этом ею выполняется работа. Внутренняя энергия системы изменяется вследствие выполнения системой работы и выделения энергии:

$$\Delta E = A + Q.$$

Вычислим работу расширения образовавшегося водорода: $A = p(V - V_0)$; так как $V_0 = 0$, то $A = pV$.

Использовав уравнение Менделеева — Клапейрона, можно записать:

$$pV = RT,$$

откуда

$$A = RT = 8{,}31 \text{Дж}/(\text{моль}\cdot\text{К})\cdot 293\ \text{К}\cdot 1\ \text{моль} = 2{,}438\ \text{кДж};$$

$$\Delta E = 143{,}092\ \text{кДж} + 2{,}438\ \text{кДж} = 145{,}53\ \text{кДж}.$$

Таким образом, тепловой эффект химической реакции — это изменение внутренней энергии системы реагирующих веществ вследствие перестройки химических связей между частицами и вследствие изменения объема системы.

Но почему при перестройке химических связей между частицами происходит изменение внутренней энергии веществ, образованных ими?

О химических связях. Всякая перестройка химических связей между атомами и группами атомов связана с изменением взаимодействия между электронными оболочками реагирующих частиц, при этом изменяется и энергия. Чтобы понять, как это происходит, вспомним, как изменяется энергия при взаимодействии разноименных электрических зарядов. Электрическое поле при сближении точечных разноименных зарядов изменяется — напряженность его и энергия уменьшаются. То же самое происходит и при образовании ионной молекулы (рис. 22, *а*).

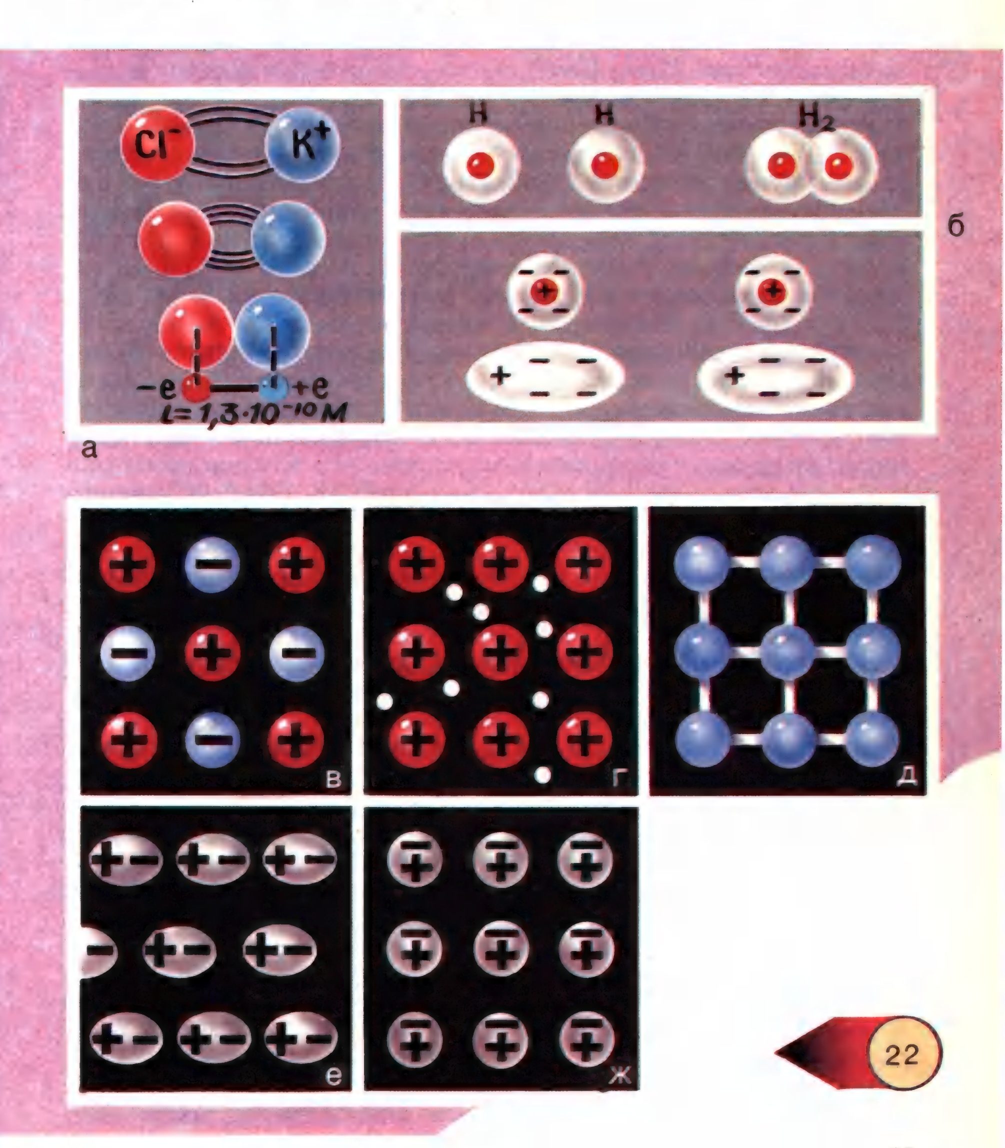
Образование атомов также сопровождается выделением энергии. Энергию, которая выделяется, когда к иону присоединяется электрон или несколько электронов, можно определить по закону сохранения энергии; такую же энергию следует затратить, чтобы электрон оторвать от атома, т. е. энергия молизации равна энергии ионизации.

Наибольшую энергию ионизации имеют завершенные электронные оболочки, аналогичные оболочкам атомов инертных элементов. Вокруг этих атомов электрическое поле характеризуется минимальной энергией взаимодействия, поэтому они «неохотно» взаимодействуют друг с другом. Атомы же остальных элементов достигают конфигурации электронных оболочек инертных элементов, вступая в контакты с другими атомами. Например, при сближении двух атомов водорода их электроны образуют пару (дублет), общую для обоих атомов (рис. 22, *б*).

Такое обобщение двух электронов позволяет атомам водорода иметь электронную оболочку, сходную с оболочкой атома гелия.

Из рисунка видно, что отрицательный заряд электронов как бы связывает ядра атомов — при образовании ковалентной связи также происходит сближение электрических зарядов, сопровождающееся уменьшением потенциальной энергии взаимодействующих атомов.

Сгущение электрического заряда между ядрами нельзя понимать буквально — облака вокруг ядер изображают не сами электроны, а вероятность их пребывания в определенных точках пространства вокруг ядра. Если плотность облаков в пространстве между ядрами больше, чем в других областях вокруг них, то это означает, что вероятность пребывания электронов в каждый момент времени в этой области больше, чем в других областях пространства, окружающего ядра.



При сближении ионов противоположного знака возможно образование ионных связей. Для этого они должны сблизиться на такое расстояние, на котором между ними начнут действовать электрические силы притяжения. Ионы под действием этих сил будут притягиваться до тех пор, пока не начнут преобладать силы отталкивания электронных оболочек. При образовании ионных молекул также происходит уменьшение потенциальной энергии ионов, объединяющихся в молекулу.

Образование кристаллов. Энергия выделяется не только при образовании ионных молекул, но и при образовании ионных кристаллов (рис. 22, *в*). Наиболее известным вам ионным кристаллом является кристалл поваренной соли. В узлах его кристаллической решетки расположены ионы натрия и хлора. Каждый ион натрия окружен шестью ионами хлора, и наоборот, каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия. Ионы с достаточным приближением можно считать точечными зарядами, поэтому можно определить силу взаимодействия между ними (по закону Кулона), а также работу, которую необходимо затратить, чтобы разделить ионы хлора и натрия в кристаллической решетке. Эта работа и будет равна той энергии, которая выделяется при образовании кристалла поваренной соли из ионов. Выделяемая энергия в свою очередь должна быть равна энергии, затраченной для превращения кристалла поваренной соли в газ, состоящий из ионов. Опыт показал, что равенство энергий действительно имеет место. Это может быть одним из доказательств того, что в ионной молекуле и ионном кристалле действуют силы электростатического происхождения.

При образовании ионного кристалла каждая из образующих его частиц занимает такое положение, в котором ее энергия взаимодействия с окружающими ее частицами минимальна. Если бы это было не так, т. е. если бы частицы обладали энергией, за счет которой могла бы выполняться при данных условиях какая-либо работа, то она и выполнялась бы по перемещению частиц до тех пор, пока они не заняли бы такое положение, в котором их потенциальная энергия была бы минимальна (вспомните, что горошины в конце концов «успокаивались» на дне лунок). При образовании атомных кристаллов (рис. 22, *д*) также выделяется энергия — частицы, составляющие их, занимают такое положение в узлах кристаллической решетки, при котором их энергия взаимодействия с окружающими частицами минимальна. Связи между атомами в кристаллической решетке поддерживаются при помощи спаренных электронов.

Металлические кристаллы (рис. 22, *г*) образуются при сближении атомов, которые во внешнем электронном слое имеют столько электронов, что их число меньше половины того количества, которое необходимо для образования замкнутой оболочки. В кристалле металла валентные электроны принадлежат всему кристаллу, образованному положительными ионами и свободными электронами,

«цементирующими» ионы. Эти электроны могут свободно переходить от одного атома к другому, двигаясь по всему кристаллу. У металлов кристаллическая решетка очень прочная. Чтобы ее разрушить, нужно затратить большую энергию. Но эта энергия всегда равна той энергии, которая выделилась при образовании кристалла из атомов металла: закон сохранения и превращения энергии действует неукоснительно.

Межмолекулярные взаимодействия также имеют электромагнитную природу. Из рисунка 22, *е, ж* видно, что при взаимодействии и полярных, и неполярных молекул проявляются силы электрической природы. Действие этих сил приводит к такому расположению молекул, при котором их состояние наиболее устойчиво в соответствии с данными условиями, а энергия взаимодействия с окружающими молекулами минимальна.

Таким образом, при образовании кристалла из частиц любого типа выделяется энергия, так как в кристалле частицы устанавливаются в таких положениях, при которых их потенциальная энергия минимальна. Кристаллизация — это экзотермический процесс. Как и при экзотермических реакциях, частицы здесь группируются таким образом, что энергия взаимодействия частиц или групп частиц друг с другом уменьшается, уменьшается и внутренняя энергия реагирующих веществ в целом — процессы идут с выделением энергии. И всегда, на сколько уменьшается внутренняя энергия кристаллизирующегося вещества или реагирующих веществ, на столько же увеличивается и энергия окружающих их тел.

К экзотермическим реакциям в основном относятся реакции соединения и замещения, к эндотермическим — реакции разложения. При этих реакциях перестройка химических связей происходит таким образом, что энергия взаимодействия частиц увеличивается за счет поглощения энергии. При образовании более сложных соединений из простых энергия выделяется.

Об органических соединениях. Образование, например, фибрина, который закупоривает кровеносные сосуды при царапинах или других повреждениях, из молекул фибриногена сопровождается выделением энергии, потому что в этом процессе происходят те же химические взаимодействия, которые были рассмотрены выше. В начале этого процесса из молекул фибриногена образуется фибрин-мономер; затем он превращается в фибрин-агрегат; при его образовании проявляются электростатические взаимодействия, приводящие к образованию различных связей (ионных, гидрофобных и др.); при этом энергия взаимодействующих частиц уменьшается. На последней стадии под действием ферментов между молекулами фибрин-агрегата образуются прочные ковалентные связи, вследствие чего он превращается в фибрин-полимер.

Образование ковалентных связей также сопровождается уменьшением энергии взаимодействия... Но как же с этим согласовать утверждение, что из оксида углерода (IV) и воды при

поглощении солнечной энергии образуются молекулы соединения, гораздо более сложные, чем молекулы оксида углерода (IV) и воды? Разберемся в этом вопросе по порядку.

Превращение энергии в биосфере. Надеюсь, вы знакомы с иллюстрацией превращения вещества и энергии в биосфере, предложенной популяризаторами науки Н. Н. Дроздовым и П. П. Второвым. В ней круговорот вещества в биосфере, движущей силой которого является энергия Солнца, сравнивается с колесом водяной мельницы, которое крутится под напором воды. Как же распределяется энергия Солнца, попадающая на Землю? Около 30% этой энергии отражается облаками и поверхностью Земли в космическое пространство и рассеивается в атмосфере; около 20% поглощается облаками в верхних слоях атмосферы; около 50% достигает поверхности Земли. За счет этой энергии происходит нагревание поверхности Земли, возникают ветры и текут реки, идет дождь и разрушаются горы; только десятые доли процента достигающей Земли солнечной энергии улавливаются зелеными растениями. Благодаря этой энергии и совершается круговорот веществ в биосфере. Вы обращали когда-нибудь внимание, как расположены листья на деревьях в верхних ярусах леса и на травянистых растениях под пологом леса, а также на ветвях нижнего яруса?

На растениях, которые растут под сенью деревьев, и на нижних ветвях листья расположены в большинстве случаев горизонтально. Наверное, это для того, чтобы полнее использовать энергию излучения, которое попадает на них. Листья на ветвях деревьев в верхних ярусах леса расположены совершенно произвольно. Когда же солнце сильно припекает, они располагаются почти вертикально, чтобы их освещенность была как можно меньше. Листья от перегрева спасает также усиленное испарение. Энергия солнечного излучения превращается в листьях во внутреннюю энергию органических веществ, которые служат пищей как для самих растений, так и для всех живущих на Земле животных организмов.

Энергетические процессы в клетке. Энергия квантов солнечного излучения, использованная зелеными растениями в процессе фотосинтеза, днем превращается в химическую энергию универсального энергетического вещества АТФ — аденозинтрифосфорной кислоты (рис. 23). Эта энергия в свою очередь во время темновой фазы фотосинтеза используется для синтеза органических соединений, из которых строится тело растения. В организме животного, которое питается растениями, органические соединения окисляются. Выделяющаяся при этом процессе энергия частично превращается в энергию молекул АТФ (55%), частично во внутреннюю энергию. В процессе жизнедеятельности клетки молекулы АТФ расщепляются. За счет выделяющейся при этом энергии и происходят все процессы в клетке: передача нервных импульсов, биосинтез веществ, мышечное сокращение, перенос ве-

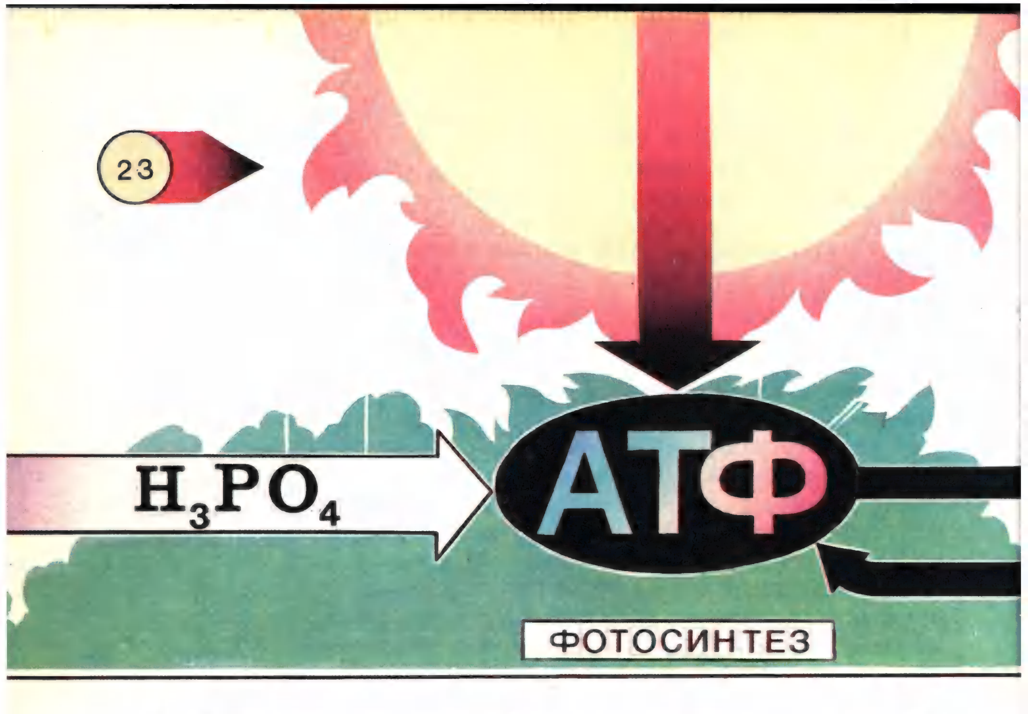
ществ через мембраны и др. Молекулы АТФ обычно расщепляются до молекул АДФ — аденозиндифосфорной кислоты,— которые не выводятся из организма, а поступают на митохондрии (в клетках животных организмов) или хлоропласты (в клетках растительных организмов) и снова служат для синтеза молекул АТФ. Образование молекул АТФ в хлоропластах можно представить в виде такой схемы:

$$\text{АДФ} + H_3PO_4 \xrightarrow[\text{хлоропласт}]{\text{свет}} \text{АТФ}$$

Процесс этот сложный и многоступенчатый, и его нельзя понимать так, что энергия кванта поглощенного света пошла на то, чтобы присоединить к молекуле АДФ молекулу фосфорной кислоты, аналогично тому как в уравнении образования озона $3O_2 + E = 2O_3$ нельзя считать, что энергия поглощенного кванта пошла на то, чтобы три молекулы кислорода объединить в две молекулы озона. Энергия кванта поглощается молекулой кислорода, которая при этом распадается на атомы кислорода, причем присоединение атомов кислорода к молекуле O_2 сопровождается выделением энергии (образование более сложных соединений из простых — экзотермический процесс). Схематическое уравнение синтеза глюкозы из углекислого газа (оксид углерода (IV) CO_2) и воды также нельзя понимать буквально: энергия поглощенного в процессе фотосинтеза кванта света проходит множество промежуточных звеньев, прежде чем из «бедных» энергией молекул образуется органическое соединение.

Вспомним, как распределяется энергия, выделившаяся при окислении глюкозы, в клетках животных. 55% этой энергии аккумулируется в молекулах АТФ, остальные же 45% рассеиваются в окружающем пространстве. Почему природа пошла по такому нерентабельному пути? Почему клетка «не работает» по принципу тепловой машины? Энергия, выделившаяся при окислении глюкозы, сразу бы превращалась в другие виды энергии, минуя АТФ.

Клетка не может «работать» как тепловая машина, так как для этого она должна иметь слишком высокую температуру. Известно, что КПД тепловой машины равен: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$, где T_1 — абсолютная температура нагревателя, T_2 — абсолютная температура холодильника. Применительно к клетке T_1 — температура тела организма, а T_2 — температура окружающей его среды. Если считать, что КПД клетки должен быть равен хотя бы 0,3, а температуру окружающей среды принять равной 293 K, то для температуры клетки, т. е. организма, получается 438,5 K или 165,5 °C. При такой температуре белок и другие органические соединения не смогли бы функционировать. А какая потеря энергии была бы вследствие теплообмена организма с окружающей средой! Да и регулировать запас энергии в клетке было бы значительно сложнее...

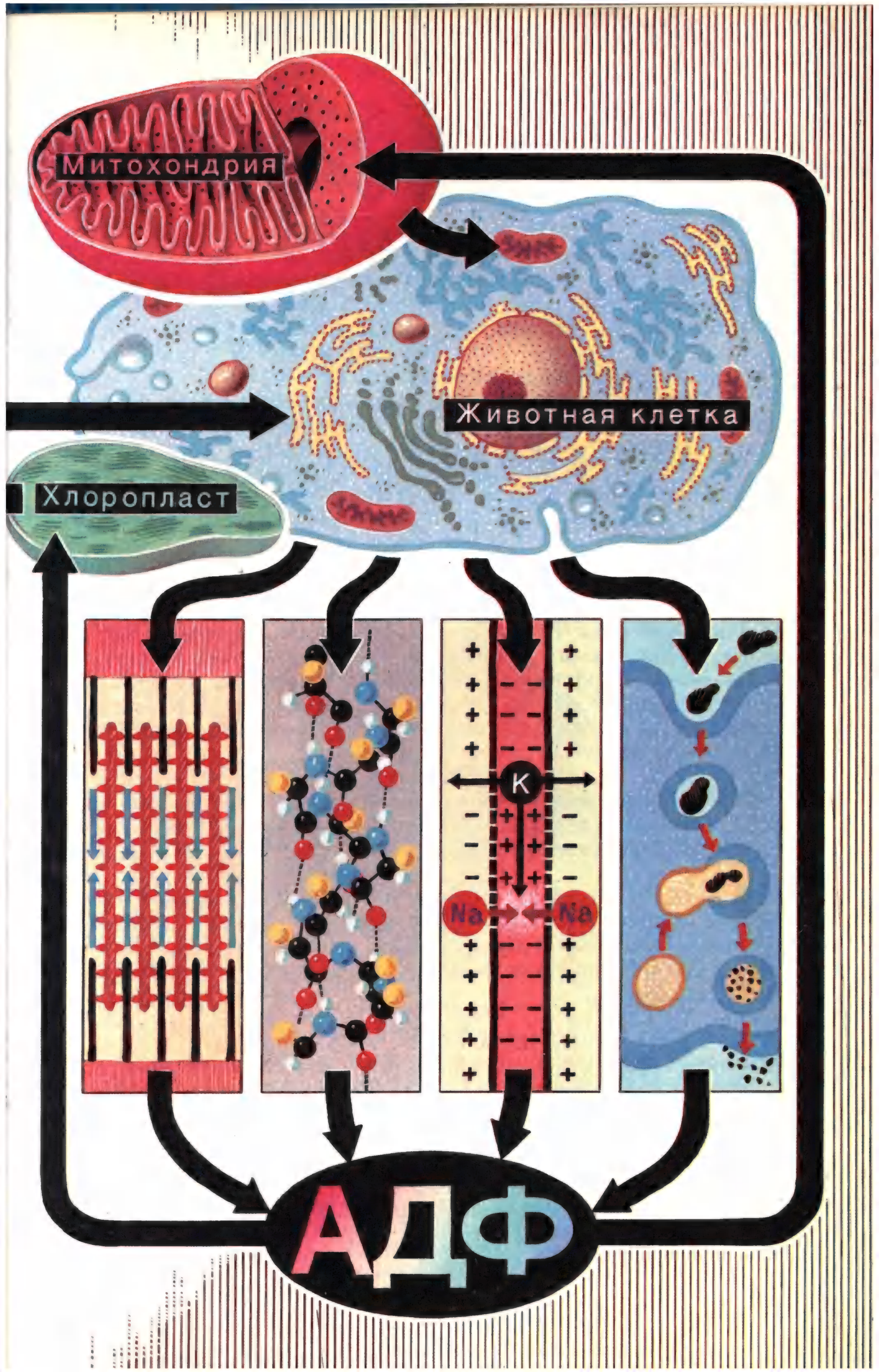


Чтобы понять, как он регулируется, вспомним, как мы себя ведем после быстрого бега. Мы часто дышим, при этом происходит усиленное потовыделение.

Объясним эти явления.

При усиленной мышечной работе во время бега организм резко расходует запас молекул АТФ, который при нормальном состоянии клетки ограничен (составляет около 0,4% от массы клетки). Чтобы этот запас пополнился, в клетках должно произойти интенсивное окисление глюкозы до оксида углерода (IV) и воды, которые должны быть выведены из организма. Поэтому, чтобы избавиться от оксида углерода (IV) и подать в каждую клетку побольше кислорода, который необходим для интенсивного окисления глюкозы, организм так часто дышит. Нам жарко, и мы покрываемся потом. Это тоже должно быть понятно. Ведь только 55% энергии, выделившейся при окислении глюкозы, идет на синтез молекул АТФ, остальные же 45% идут на нагревание организма. Летом это нагревание ни к чему, а что было бы с нами зимой, если бы образование молекул АТФ не сопровождалось рассеянием энергии?

Попробуем объяснить, почему на морозе, когда он делается чувствительным, люди начинают притопывать и подпрыгивать. Организму надо согреться. При всякой механической работе (в том числе при подпрыгивании) расходуется запас молекул АТФ. Расход молекул АТФ сопровождается их синтезом, а последний — выделением энергии, которая и идет на нагревание организма.


Митохондрия
Животная клетка
Хлоропласт
K
Na
Na
АДФ



1. В архивах пожарной части г. Бенд (США) хранится запись о пожаре, который был вызван снегом. Возможно ли такое явление?

2. В книге И. Халифмана «Пароль скрещенных антенн» много полезных примеров из области биологических явлений, над которыми стоит подумать. Например: чем сильнее семья пчел и чем больше объем улья, тем значительнее разность температур между центром улья и по его краям. Благодаря этому возникает движение воздуха, которое поддерживается и направляется пчелами-вентиляторщицами. Почему возникает разность температур между центром улья и его крайними точками? Почему она зависит от численности пчелиной семьи?

3. В этой же книге можно прочитать, что в самые сухие и жаркие дни пчелы на верхних стенках каморок в улье «развешивают» капельки воды. Каково их назначение?

4. Личинки и куколки пчел, развиваясь, сами выделяют много энергии. Причем того количества теплоты, которое выделяется пчелиным расплодом в десяти рамках улья за две недели, достаточно, чтобы вскипятить бочку воды. За счет чего выделяется эта энергия?

5. Пуская кровь заболевшему матросу, корабельный врач Р. Майер обратил внимание на необычайно алый цвет венозной крови. Его наблюдения показали, что в жарких странах венозная кровь гораздо светлее, чем в северных. Как этот факт помог Майеру в открытии закона сохранения и превращения энергии?

6. Сформулировав закон сохранения энергии, Майер привел 25 примеров в подтверждение его. Сможете ли вы привести большее число примеров?

7. В известном произведении И. Ильфа и Е. Петрова «Двенадцать стульев» среди многих полезных советов можно найти и такой: «Дышите глубже, вы взволнованы». Попробуйте обосновать этот совет с точки зрения происходящих в организме энергетических процессов.

8. Лаплас и Лавуазье, отрицая существование теплорода, исходили из аналогии между живыми организмами и печью: они утверждали, что человек «сжигает» свою пищу в кислороде, получая такое же количество теплоты, какое выделилось, если бы ту же пищу просто сожгли в печи.

В 1779 г. Кроуфорд поставил опыт на морской свинке, подтвердивший эту гипотезу экспериментально. Покормив свинку, экспериментатор измерил ее теплоотдачу. Потом он затопил печь углем, отмерив такое же количество кислорода,и убедился, что ею отдается количество теплоты, равное теплоотдаче свинки.

Как этот опыт свидетельствовал против теории теплорода и как он способствовал утверждению мнения о существовании внутренней энергии вещества?



Литература

Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия.— М.: Знание, 1978.

Второв П. П., Дроздов Н. Н. Рассказы о биосфере.— М.: Просвещение, 1980.

Кричевский И. Р., Петрянов И. В. Термодинамика для многих.— М.: Педагогика, 1975.

Радунская И. Предчувствия и свершения.— М.: Детская литература, 1978.

Франкфурт У. И. Закон сохранения и превращения энергии.— М.: Наука, 1978.



Закон сохранения электрического заряда

Из истории открытия закона. Закон сохранения электрического заряда был открыт Фарадеем в связи с исследованием электростатической индукции. Но Фарадей не дал четкой формулировки этого закона. Впервые утверждение о неуничтожимости и несотворимости электрического заряда встречается у Максвелла. С развитием электродинамики было найдено и математическое обоснование закона. Современная его формулировка такова: алгебраическая сумма электрических зарядов в замкнутой системе остается постоянной при любых процессах, происходящих в ней.

Во всех процессах, связанных с самыми разнообразными явлениями — механическими, тепловыми, электрическими, магнитными, внутриатомными и внутриядерными, химическими, биохимическими,— закон сохранения электрического заряда действует без ограничения. Науке неизвестно ни одного случая нарушения этого закона.

Применение закона сохранения электрического заряда в химии. Химические реакции сводятся к перераспределению электронов между частицами реагирующих веществ. Поэтому вся химия — органическая и неорганическая — сфера действия закона сохранения электрического заряда, и следует уметь применять его как при объяснении теоретического материала, так и при решении практических задач. Например, нужно составить формулу какого-либо соединения по валентности. Пусть это будет тот же оксид алюминия, о котором идет речь в учебнике химии. Как там сказано, составленная формула будет справедлива в том случае, если «сумма единиц валентности атомов алюминия будет равна сумме единиц валентности атомов кислорода».

Валентность — это способность атома химического элемента или группы атомов образовывать химические связи с другими атомами (группами атомов). Валентность атома определяется числом неспаренных электронов, которые способны вступать во взаимодействия с электронами других атомов, вследствие чего образуются химические связи.

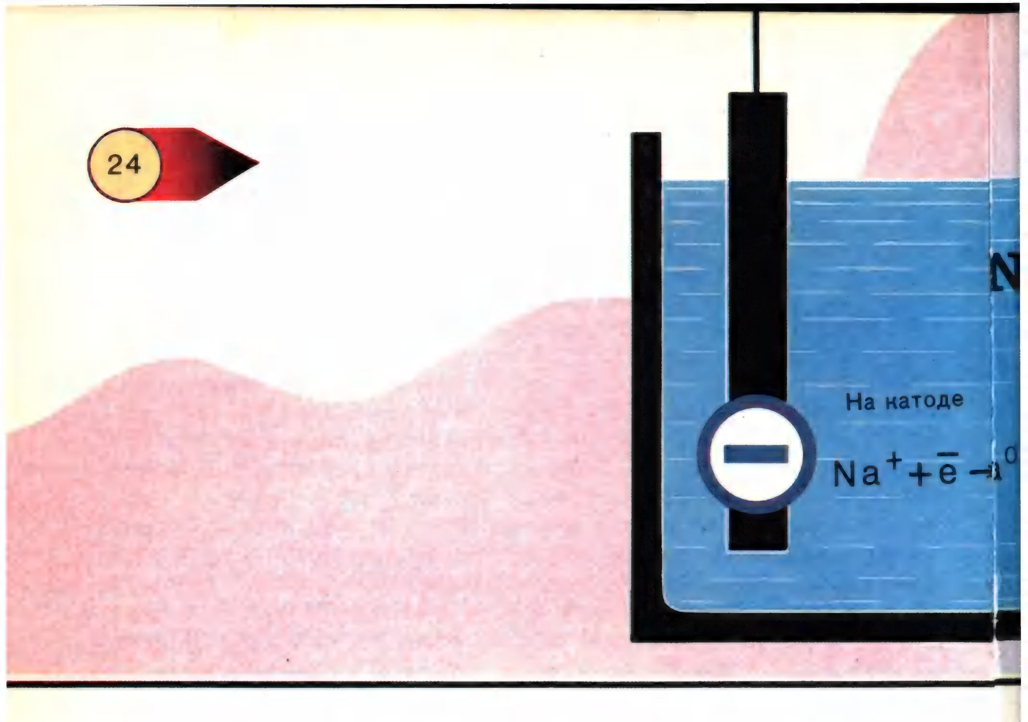
В молекулах, состоящих из одинаковых атомов, например в молекуле водорода, электронная пара, посредством которой и образуется ковалентная связь, в равной мере принадлежит обоим атомам. Если же электронная пара связывает два разных атома, она всегда оказывается «оттянутой» от одного атома к другому — это полярная ковалентная связь. При образовании таких связей, как и при образовании ионных связей, происходит завершение электронного слоя атомов одного элемента за счет оттягивания электронов от атомов другого элемента. Одни атомы теряют электроны, другие их принимают, но в молекуле соединения число электронов, потерянных одной группой атомов, равно числу электронов, принятых другой группой атомов: ни один электрон при их перераспределении во время образования соединения не может «потеряться» или появиться ниоткуда.

При образовании оксида алюминия из кислорода и алюминия перераспределение электронов между атомами этих элементов происходит следующим образом: атом алюминия может потерять три электрона, атом кислорода — приобрести два электрона. «Молекула» AlO невозможна, так как она будет иметь общий положительный заряд и притягивать к себе отрицательные ионы кислорода. Невозможна и «молекула» AlO_2, так как она будет иметь общий отрицательный заряд. Соединение будет устойчивым (не будет к себе притягивать положительные или отрицательные ионы) только в том случае, если его общий заряд станет равным нулю. А это условие будет выполнено, если число электронов, потерянных одной группой атомов в соединении, будет равняться числу электронов, принятых другой группой атомов в том же соединении. Образование химических веществ подчиняется одному из фундаментальных законов природы — закону сохранения электрического заряда.

Атом нейтрален. Одно из условий его устойчивости — равенство числа положительных и отрицательных зарядов. Это равенство не нарушается до тех пор, пока атом — замкнутая система. Нарушение его запрещается законом сохранения электрического заряда. Если происходят какие-то химические изменения, вследствие которых из одних веществ образуются другие, то проявляется действие этого закона. Например, при смешивании раствора хлорида кальция и нитрата серебра образуются новые вещества. Как записать уравнение этой реакции и расставить в нем коэффициенты?

$$Ca^{2+} + Cl^- + Ag^+ + NO_3^- \longrightarrow AgCl\downarrow + Ca^{2+} + NO_3^-$$

Рассуждаем так: раствор образуется из нейтральных веществ, значит, до и после реакции его общий заряд должен быть равен нулю (в замкнутой системе при любых процессах алгебраическая сумма электрических зарядов остается неизменной). Если в левой части уравнения перед ионом хлора не поставить коэффициент 2, то согласно уравнению раствор до реакции будет иметь положи-



тельный заряд. Из тех же соображений следует поставить коэффициент 2 перед ионом NO_3^- в правой части уравнения. Согласно закону сохранения массы вещества следует поставить коэффициенты перед ионом Ag^+ и молекулой AgCl:

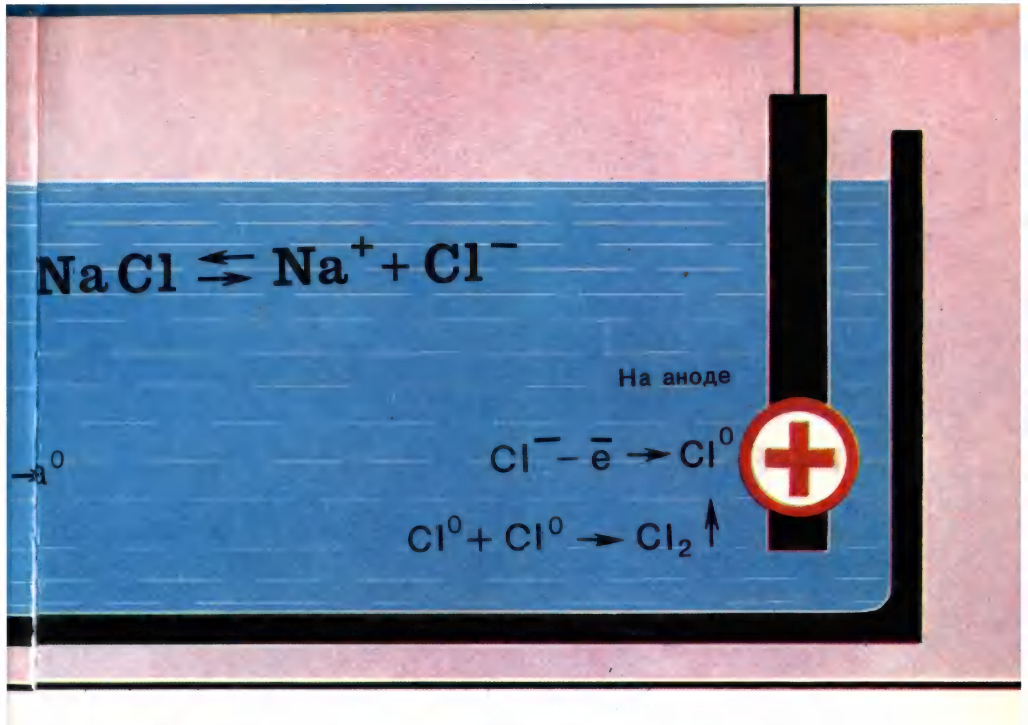
$$Ca^{2+} + 2Cl^- + 2Ag^+ + 2NO_3^- = Ca^{2+} + 2NO_3^- + 2AgCl\downarrow$$

Окислительно-восстановительные реакции во время электролиза также происходят с учетом законов сохранения электрического заряда и массы вещества. С помощью этих законов можно объяснить формулу закона Фарадея $m = \frac{1}{F}\frac{M}{n}q$, где q — заряд, прошедший через раствор, M — молярная масса вещества, n — валентность атома, F — постоянная Фарадея.

Согласно закону сохранения электрического заряда через электролитическую ванну за время t прошел такой же заряд, как и через провод, соединяющий ее с источником тока, поэтому заряд можно определить по формуле $q = It$, измерив силу тока амперметром. Постоянную Фарадея можно выразить следующим образом: $F = q_n \frac{N_A}{n}$, где q_n — заряд иона, N_A — постоянная Авогадро, n — валентность элемента.

Подставив постоянную Фарадея в формулу закона Фарадея, получим:

$$m = \frac{M}{q_n \frac{N_A}{n} n} q; \quad m = \frac{M}{N_A}\frac{q}{q_n}.$$



Здесь $\frac{M}{N_A}$ — масса одного атома, $\frac{q}{q_n}$ — число ионов, прошедших через раствор электролита за время электролиза и превратившихся на электродах в нейтральные атомы. Таким образом, масса вещества, которое выделяется на одном из электродов при электролизе, определяется числом ионов, прошедших через электролит, и равна массе атомов, выделяющихся на электроде. При рассуждениях мы исходили из законов сохранения электрического заряда и массы вещества: заряд каждого иона при прохождении тока через раствор электролита остался неизменным и масса атомов при различных реакциях, которые происходят в растворах электролитов, также не меняется.

Рассмотрим более подробно процессы, которые происходят во время электролиза, например, расплава поваренной соли (рис. 24). При диссоциации хлорида натрия NaCl образуются ионы, общий заряд которых равен нулю:

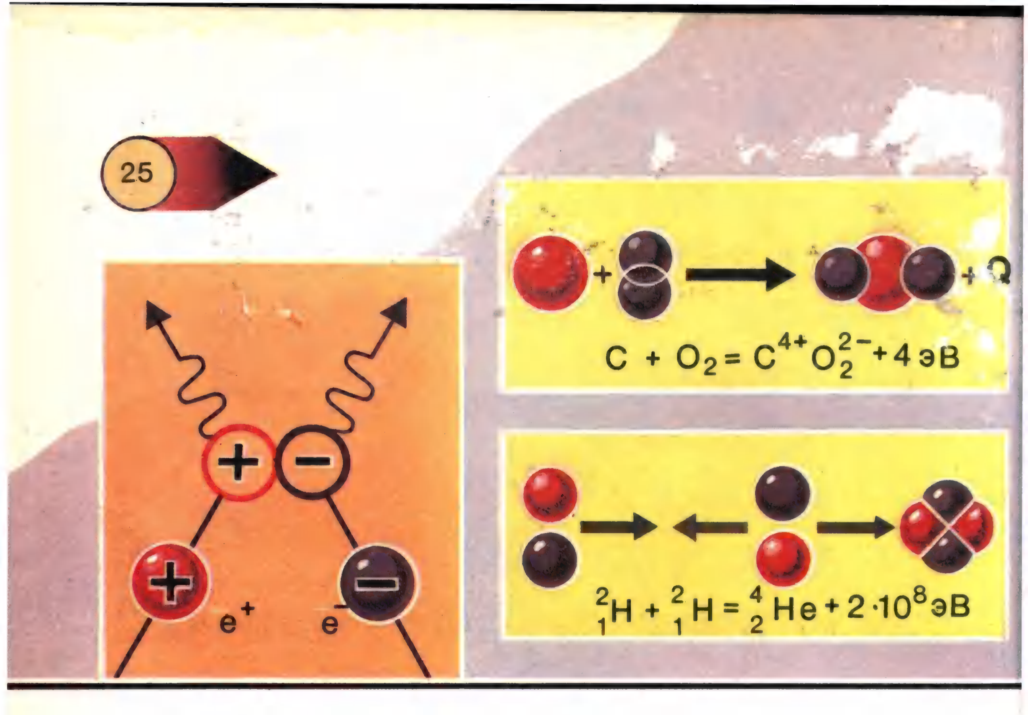
$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

Ионы хлора перемещаются к положительному электроду, где, «отдав» по одному электрону, окисляются, образуя нейтральные атомы, соединяющиеся в молекулы:

$$Cl^- - 1\bar{e} = Cl^0;\ Cl^0 + Cl^0 = Cl_2\uparrow\ (2Cl^- - 2\,\bar{e} \rightarrow Cl_2^0\uparrow)$$

Ионы натрия перемещаются к отрицательному электроду и, получив от него по одному электрону, восстанавливаются до нейтральных атомов:

$$Na^+ + \bar{e} \rightarrow Na^0$$

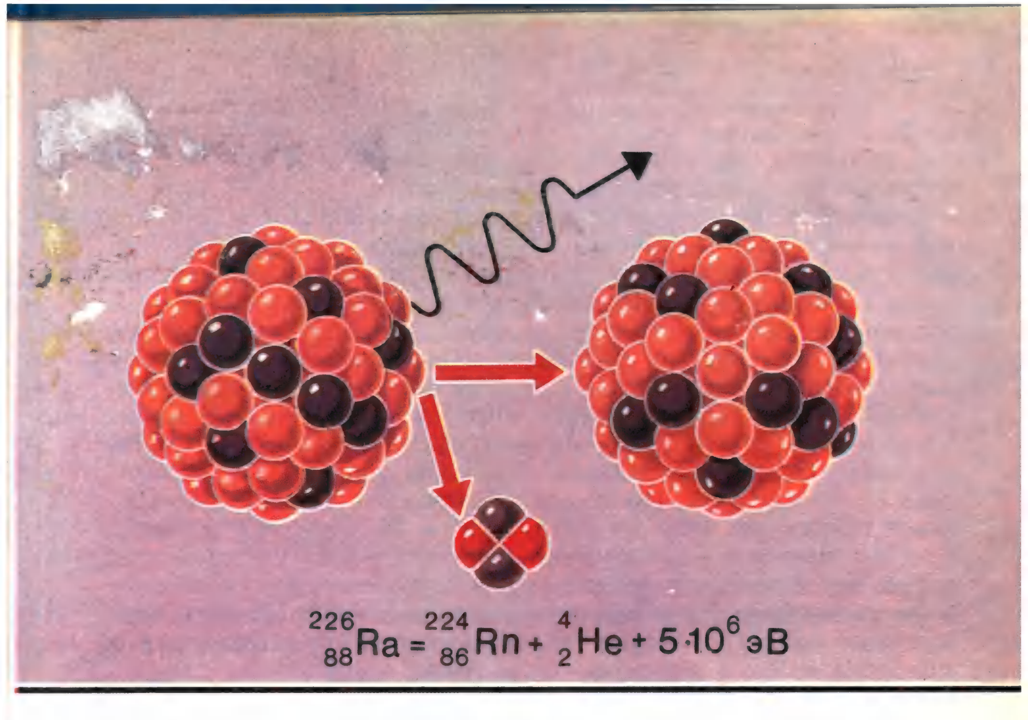


Число электронов, которые перешли на анод от ионов хлора, равно числу электронов, которые забрали ионы натрия от катода. Из нейтрального вещества снова образовались нейтральные вещества.

Почему надо чистить зубы? Зубы покрыты эмалью — самой твердой тканью человеческого тела; по твердости она приближается к кварцу. На 93% эмаль состоит из неорганического вещества апатита $Ca_5(PO_4)_3OH$. В кристаллическую решетку этого вещества могут проникать посторонние ионы, оно не кислотоупорно. И хотя мы не употребляем с пищей сильных кислот, но если не выполнять правила гигиены ротовой полости, на зубах появляется кислота, которая и разъедает эмаль. Кислота вырабатывается микроорганизмами, для них ротовая полость — «настоящий рай». Здесь тепло, влажно и много пищи. На неухоженных зубах появляются бактериальные наросты — кариозные бляшки. Они и начинают свою разрушительную работу. Микроорганизмы составляют более половины зубного налета, в одном его грамме находится около 300 млрд. живых существ — бактерий, микроскопических грибков, амеб. Под действием бактерий сахар, попадающий в ротовую полость, сбраживается и превращается в кислоту, после чего начинается разрушение зуба.

Ионы водорода, которые появляются в слюне вследствие диссоциации кислот, вытесняют из молекулы апатита ионы кальция, в результате чего эмаль растворяется:

$$Ca_5(PO_4)_3OH + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + HPO_4^{2-} + H_2O$$



Чтобы увидеть, каково соотношение между разрушающей кислотой и эмалью, следует в этом уравнении расставить коэффициенты. Учитываем, что при любых перераспределениях ионов в замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов должна оставаться постоянной. Знак равенства в уравнении можно поставить в том случае, если заряд ионов водорода, заместивших ионы кальция в $Ca_5(PO_4)_3OH$, будет равен алгебраической сумме зарядов ионов Ca^{2+} и HPO_4^{2-}, образовавшихся после реакции:

$$Ca_5(PO_4)_3OH + 4H^+ = 5Ca^{2+} + 3HPO_4^{2-} + H_2O;$$

$$+4 = (+10) + (-6); \quad +4 = +4$$

Алгебраическая сумма электрических зарядов в растворе, окружающем зуб, до и после реакции остается одной и той же: в нем уменьшилось число ионов водорода, но увеличилось число ионов кальция. С точки зрения закона сохранения электрического заряда все осталось по-прежнему, но с точки зрения человека, страдающего кариесом, произошли существенные изменения: ведь кислота, содержащаяся в слюне, частично растворила эмаль (соотношение 4:1): на зубе появились белые пятнышки. Но не все еще потеряно: если бляшки регулярно удалять зубной щеткой и не «кормить» бактерии сладостями, вымытые из эмали ионы кальция Ca^{2+} и HPO_4^{2-} снова будут проникать в кристаллическую решетку эмали зуба:

$$Ca^{2+} + HPO_4^{2-} + H_2O \rightarrow Ca_5(PO_4)_3OH + H^+$$

Если бляшки не удалять, то бактерии проникнут под эмаль, где находится дентин — менее твердое вещество, чем эмаль, и менее сопротивляющееся действию кислот.

Можно сказать, что все превращения в микромире происходят с учетом закона сохранения электрического заряда (рис. 25). Известный ученый Альберт Сент-Дьердьи, автор книг «Биоэнергетика» и «Биоэлектроника», говорит, что удивительно тонкие биохимические реакции, по всей вероятности, представляют собой реакции очень мелких, лабильных частиц, каковыми являются электроны. Вспомните хотя бы реакции фотосинтеза. Посмотрите, сколько вокруг зелени, сколько электронов покидают молекулы хлорофилла в этот миг, получив квант света! Что было бы, если бы некоторые из них «потерялись»? Молекулы хлорофилла выключились бы из «работы». Но такого не случается, так как действует закон сохранения электрического заряда. Молекула хлорофилла, потеряв электрон, приобретает положительный электрический заряд, иначе говоря, в ней есть место для электрона, называемое в физике дыркой. Долго оно не остается вакантным. Его занимает электрон иона гидроксила, образовавшегося при диссоциации молекулы воды, и молекула хлорофилла снова готова принять следующий квант. Покинувший ее электрон и ион водорода, образовавшийся вместе с ионом гидроксила при диссоциации молекулы воды, попадают в ферментную систему, где происходят реакции фотосинтеза. Ни один электрический заряд из бесчисленного множества участвующих в биохимических реакциях зарядов не пропадает. Вот у кого учиться бережливости — у природы...

И снова умрешь, и появишься снова,
Год ли спустя, миллион ли годов —
Частный случай на вечной основе,
Который мгновенно возникнуть готов.
Да, я родился, проживу до ста,
Чтобы затем навсегда умереть.
Но я — электронов случайная доза,
А эта случайность возможна и впредь.

И. Сельвинский



1. Как применить закон сохранения электрического заряда к объяснению законов последовательного и параллельного соединения проводников?

2. Как применить закон сохранения электрического заряда к объяснению реакций между ионитами?

3. Какова роль источника электрического тока? Образуются ли в нем электрические заряды?

4. Примените закон сохранения электрического заряда при решении задачи: «Почему два проводника с токами одинакового направления притягиваются, а два параллельных электронных пучка отталкиваются?»

5. Смешайте сульфат калия (20 г) и сульфат натрия (8 г). Полученную смесь растворите в горячей воде и наблюдайте за охлаждающимся раствором в темноте. При выпадении кристаллов возникают искры. После понижения температуры до 40—50°C кристаллов станет больше и искры будут ярче. Почему возникают искры?

6. Если вы хотите получить серебро, не выливайте отработанный фиксаж после обработки черно-белых снимков. Опустите в него цинковую пластину и оставьте на 2—3 ч. Время от времени перемешивайте раствор. Через 2—3 ч цинковая пластина покроется черным слоем серебра. Почему происходит этот процесс? Куда исчезает заряд ионов серебра?

Литература

Орлик Ю. Г. Химия после уроков.— Минск: Народная асвета, 1979.



Симметрия в природе

Обсудив возможности применения законов сохранения для объяснения явлений природы, немного отдохнем. Посидим у вечернего костра, полюбуемся сонными деревьями. Зубчатые ели, величавые сосны. Даже в темноте их не спутаешь. У каждой породы деревьев своя конфигурация, своя симметрия.

Но если присмотреться, то можно указать и общую симметрию для всех деревьев. Это симметрия конуса. Кто из вас читал книгу Л. В. Тарасова «Этот удивительно симметричный мир», тот, наверное, помнит иллюстрации, подтверждающие эту мысль. В книге приводится много примеров проявления симметрии в природе. Да и сами вы их можете найти сколько угодно (рис. 26). Двусторонней, или зеркальной, симметрией обычно обладают листья растений — удивительно симметричны листья дуба, вербы, клена. Сорвите лист крапивы и посчитайте зубчики с его левой и правой стороны. Вы убедитесь, что растение ни разу не сбилось — сколько бы листьев вы не сорвали, на всех с одной и с другой стороны одинаковое число зубцов. Присмотритесь к цветкам растений — я не говорю о тех, которыми мы любуемся — о васильках, гвоздиках, сон-траве. Даже у самых невзрачных цветков, например у горечавки, идеально симметричные лепестки и они идеально симметрично расположены — большинство цветков обладают поворотной симметрией. Почему симметрия цветков вызывает чувство какого-то успокоения, красоты?

Чтобы ответить на этот вопрос, нам придется снова возвратиться к разговору о законах природы. Симметрия структуры живых организмов, о которой мы говорили, есть проявление глубинных взаимосвязей в природе.

Но давайте по порядку. Если вы читали книгу о симметрии, то помните, какое в ней дается определение симметрии: «Симметричным называют такой объект, который можно как-то изменять, получая в результате то же самое, с чего начали». И еще: «Симметрия означает соразмерность, пропорциональность, одинаковость в расположении частей».

Остановимся пока на последнем определении и задумаемся, как в процессе эволюции могла возникнуть симметрия в расположении частей живых организмов.

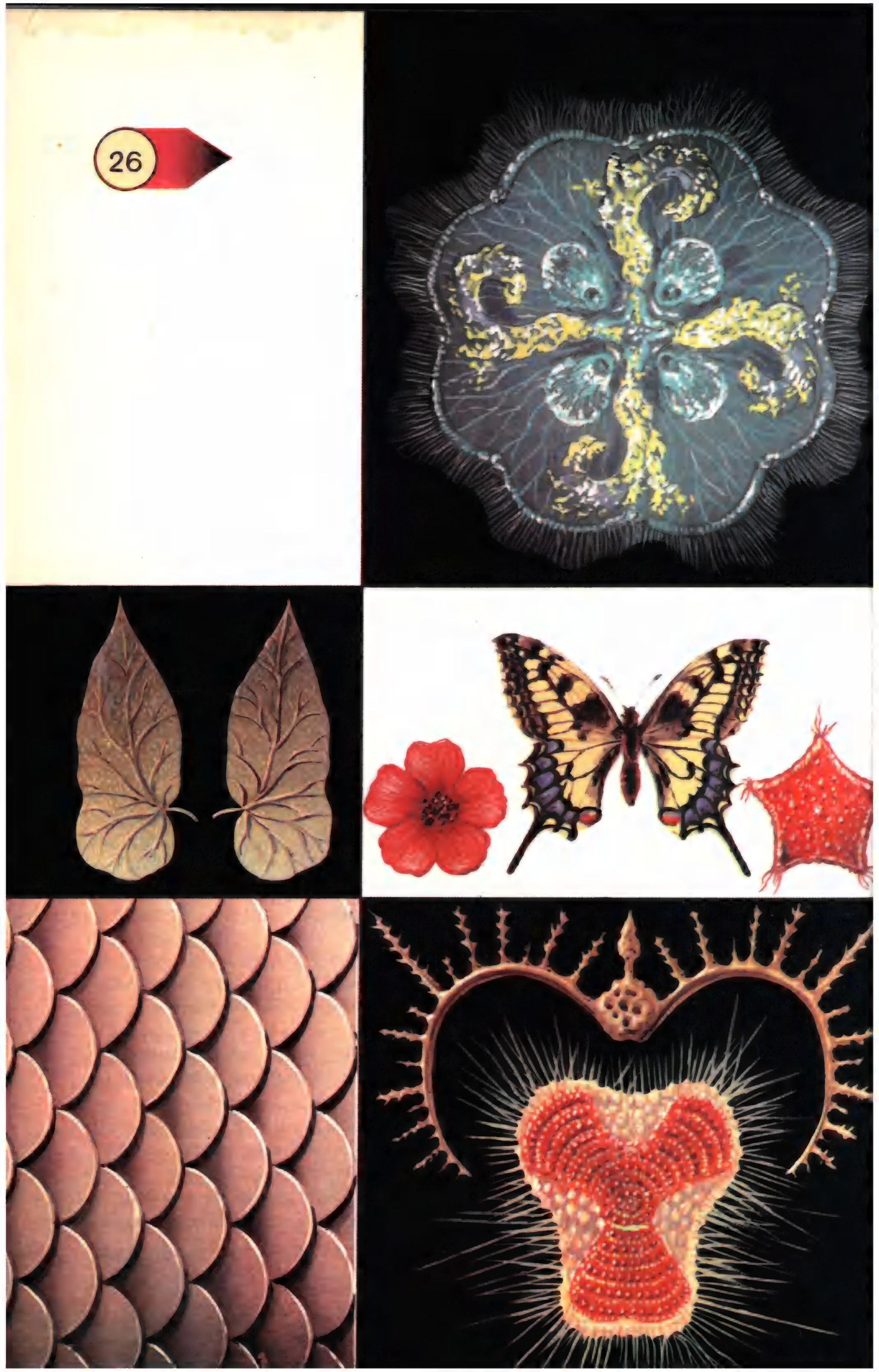
По данным современной науки, простейшие организмы появились в водах Мирового океана. Какой могла быть форма у первых сгустков живого вещества? Они были взвешены в воде, любое направление для них было безразличным. Поэтому можно допустить, что они принимали форму шара. Такую форму имеют капельки жира, взвешенные в воде. По мере развития и усложнения под действием силы тяжести организмы приспособились различать «верх» и «низ» и потеряли симметрию шара. Одни из них (преимущественно те живые организмы, которые ведут «оседлый» образ жизни) приобрели поворотную симметрию (медузы, морские звезды и др.). Те животные, которые передвигаются в каком-то избранном направлении, приобрели двустороннюю (зеркальную) симметрию. Для этих животных свойственно симметричное расположение одноименных частей тела, что помогает им сохранять равновесие при передвижении, а значит, добывать себе пищу и таким образом существовать. Следовательно, симметрия у

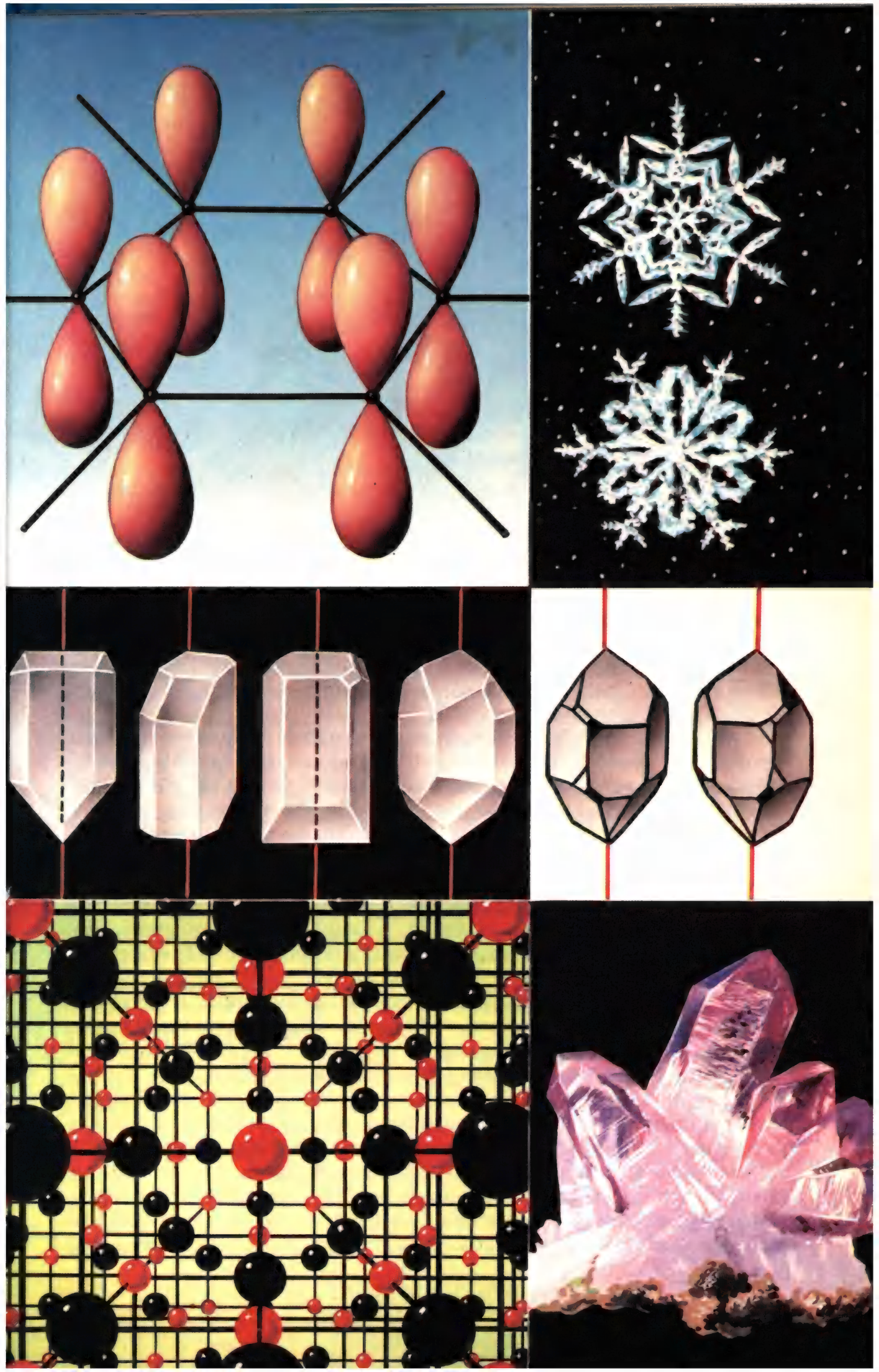


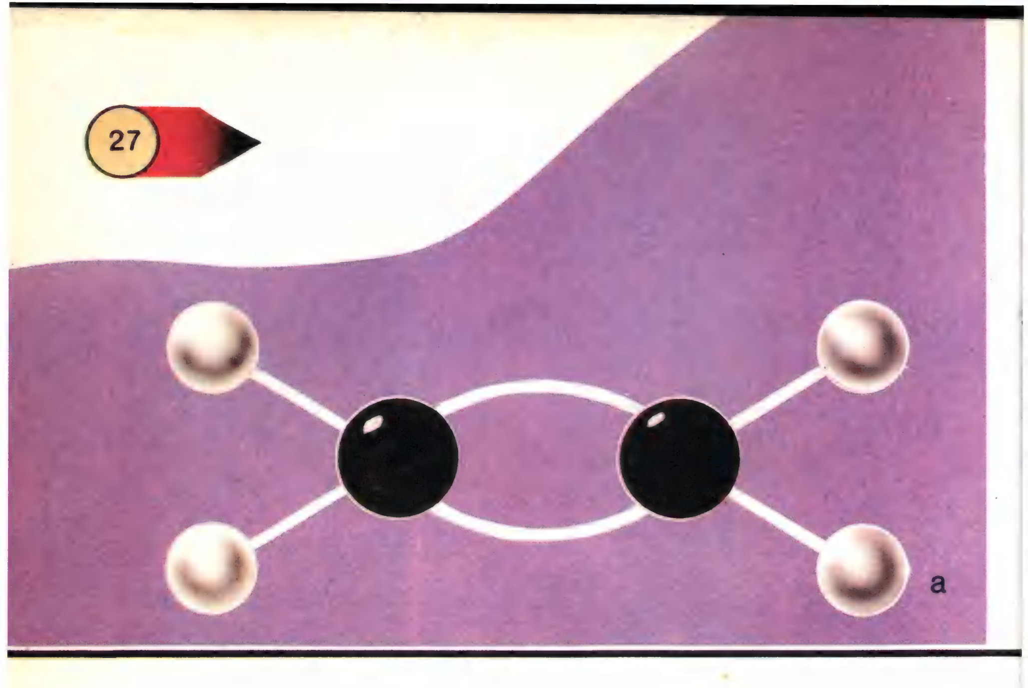
живых организмов служит не для красоты, а точнее, не только для красоты. Она прежде всего связана с приспособлением их к окружающему миру, с их жизнестойкостью.

К чему же приходилось приспосабливаться организмам на протяжении их эволюции? Ответ на этот вопрос короткий — к проявлению действия законов природы.

Обратим внимание на расположение ветвей у ели. Ствол ее чаще всего прям и ветви равномерно расположены относительно ствола, так что отвесная прямая, проходящая через ее центр тяжести, пересекает основание ствола ели. Так дерево, развиваясь в условиях действия силы тяжести, достигает устойчивого положения.


26





К вершине дерева ветви его становятся меньше в размерах — оно приобретает форму конуса. Это нам тоже понятно: ведь на нижние ветви, как и на верхние, должен попадать свет. Кроме того, центр тяжести должен быть как можно ниже — от этого зависит устойчивость дерева.

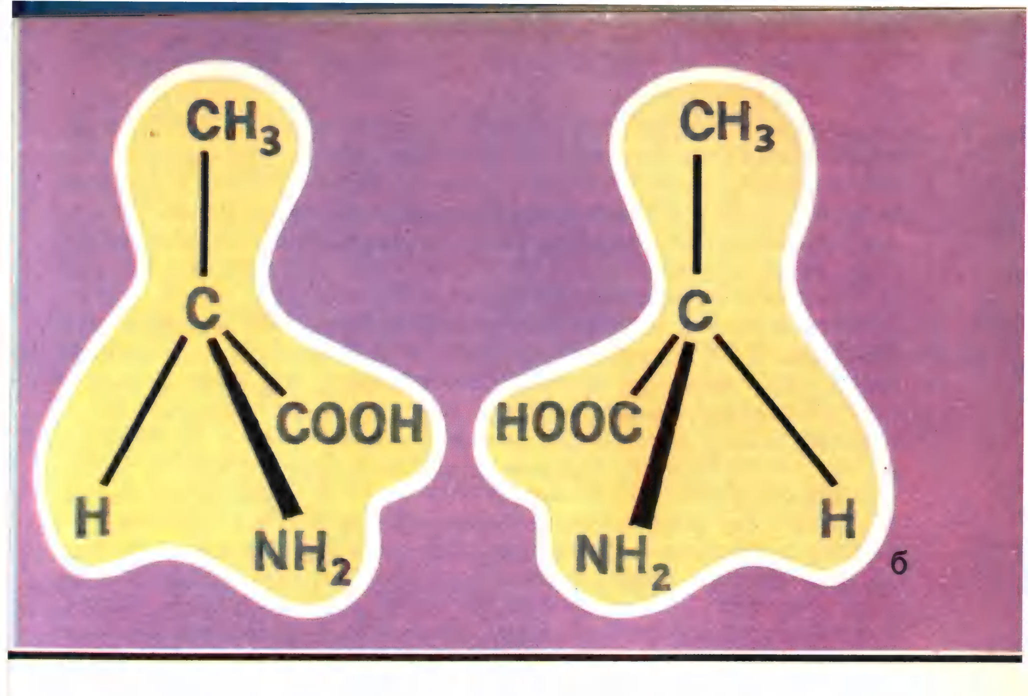
Таким образом, закон естественного отбора, закон всемирного тяготения способствовали тому, что мы видим ель такой прекрасной, что она не может не поразить наше воображение. Закон всемирного тяготения действует на Земле, на Солнце, в каждой точке Вселенной. Этот закон действовал в далеком прошлом, действует сейчас и будет действовать в будущем. Его действие от времени не зависит.

То же самое можно сказать и о других законах природы. Все они симметричны по отношению к переносу в пространстве и времени. Симметрия живых организмов связана с симметрией законов природы.

Это нам понятно, ведь мы знаем, что полученные вследствие действия каких-то факторов полезные изменения организмов закрепляются в процессе развития вида.

Они передаются из поколения в поколение матричным путем посредством молекул ДНК. Их можно представить в виде цепочки атомов, соединенных определенными химическими связями...

Обратите внимание: «определенными химическими связями». Такими, которые не разрушаются под действием ударов частиц в результате их теплового движения; которые не разрушаются под действием теплового излучения самого организма и излучения, которым пронизана биосфера. Энергия связи этих химических



соединений остается постоянной, и поэтому указанные факторы не могут привести к их разрушению, благодаря чему наследственные признаки передаются из поколения в поколение. А почему энергия связи атомов в молекулах, например атомов кислорода и водорода в молекуле воды, сейчас такая же, как была несколько миллионов лет назад? Потому что действие закона сохранения энергии не зависит от времени...

Время само по себе не способно изменить энергию какой-либо системы. Закон сохранения энергии есть следствие однородности времени. Закон сохранения импульса есть следствие однородности пространства. Как видим, наиболее общие законы природы, характеризующие движение материи, связаны с симметрией пространства и времени. Можно сказать, что на симметрии держится мир. Когда мы видим проявление симметрии в форме тел живой и неживой природы, невольно испытываем чувство удовлетворения тем всеобщим порядком, который царит в природе.

Нарушение симметрии воспринимается нами как проявление беспорядка и вызывает чувство неудовлетворенности. Мы с жалостью смотрим на птицу с одним крылом, в недоумении останавливаемся перед искривленным деревом («как такое случилось!»). Мы знаем, как не должно быть,— симметрия вносит упорядоченность в многообразие структур, ограничивает его.

Симметрия формы — проявление симметрии законов природы, которые мы можем объяснить общими законами — законами сохранения, последние в свою очередь связаны с симметрией пространства — времени. Законы сохранения запрещают для замкнутой системы исчезновение энергии, массы вещества, импуль-

са, момента импульса, изменение алгебраической суммы электрического заряда и др. Системы могут вести себя как угодно, но законы сохранения не могут быть нарушены, не может измениться в мире порядок вещей. Таким образом, законы сохранения вносят упорядоченность в поведение физических систем. За упорядоченностью форм, структур стоит более глубокий порядок, на котором основана вечность и несотворимость мира...

Догорел наш костер, сквозь пепел, как драгоценные камни заколдованного клада, вспыхивают угольки... А ведь с древних времен драгоценным камням приписывали сверхъестественную силу. Например, в сравнительно не старом лечебнике XVIII в. сказано: «Если воин на левой стороне носит алмаз, то не будет убит». И в этом виновата та же симметрия. Представьте себе, что человек, живший в XVIII в., когда еще не было современных представлений о строении вещества, нашел в земле драгоценный камень. Правильный многогранник с идеально правильными углами, прямыми ребрами, гладкими гранями. Человеку, незнакомому с кристаллографией и далекому от науки, трудно поверить, что это симметричное тело образовалось само собой, его никто не шлифовал, над ним никто не трудился. Возникновение драгоценных камней связывали с таинственной силой и самим камням также приписывали таинственную силу.

А вот фальшивые бриллианты такими свойствами не наделялись. Наверное потому, что они не обладают «внутренним содержанием» настоящих. Уменьшимся мысленно до размеров атомов и проникнем в кристалл. Мы увидим потрясающую правильность расположения частиц, точно отмеренные расстояния между ними. Порядок, периодическая повторяемость в расположении частиц в пространстве — вот что характерно для кристаллического состояния вещества, вот в чем «волшебство» алмаза. Стекло не станет таким, какую бы внешнюю форму ему ни придавали. Какой же «волшебник» строит такие идеально правильные сооружения? Принцип минимума энергии и законы сохранения. Пока энергия, заряд, масса каждой частицы кристалла неизменны, кристалл сохраняет свою внешнюю и внутреннюю симметрию.

У каждого типа кристаллов своя закономерность в расположении частиц, свое строение, по которому его безошибочно можно отличить от других кристаллов. Внутреннее строение кристаллов можно увидеть на снимках, полученных с помощью рентгеновских лучей,— это рентгенограммы кристаллов. Мысль получить дифракцию рентгеновских лучей на кристаллической решетке впервые пришла немецкому ученому М. Лауэ в 1912 г. Она показалась настолько оригинальной, что друзья восприняли ее иронически и заключили с Лауэ пари, что ему не удастся получить рентгенограмму кристалла. И проиграли...

Первым трудом по кристаллографии, по-видимому, можно считать книгу Иоганна Кеплера «Новогодний подарок, или размышления о шестиугольном снеге», в которой содержится мно-

жество гениальных догадок о строении кристаллов. В ней были поставлены вопросы, ответы на которые удалось получить спустя много лет.

Обратите внимание на структуру снежинок (рис. 26). Наверное, она была бы совсем другой, если бы молекулы воды не обладали определенной симметрией.

Симметрия кристаллов связана с симметрией частиц, которые его образуют. Симметрия в мире атомов и молекул — очень распространенное явление. Например, молекулы воды H_2O, оксида углерода (IV) CO_2 обладают зеркальной симметрией, молекула метана CH_4 — поворотной симметрией. Еще Дж. Дальтон считал, что атомы в химическом соединении должны располагаться симметрично. И многие другие ученые полагали, что одинаковые по своим свойствам части химических молекул одинаково симметрично расположены. Эти взгляды нашли отражение в способе написания формул, особенно формул органических соединений. Вспомните, например, структурную формулу этилена и посмотрите на модель молекулы этилена (рис. 27, *а*).

Исследования в области симметрии молекул прочно связаны с работами французского ученого Луи Пастера. Изучая оптические свойства органических веществ при помощи поляризации света, Пастер обнаружил, что молекулы солей винной и виноградной кислоты существуют в различных модификациях. Одна дает в растворе правое вращение плоскости поляризации света, другая — левое. Такие вещества называют стереоизомерами. Молекулы их являются зеркальным отражением друг друга, они асимметричны (рис. 27, *б*). К стереоизомерам относятся аспаргин, никотин, адреналин и др. Аминокислоты, углеводы, нуклеиновые кислоты также асимметричны. Но вот что интересно. Мы знаем, что из пищи, поступающей в организм, выделяются аминокислоты и строятся новые белки. Оказывается, строятся они из левовращающих аминокислот.

Симметрия и асимметрия в окружающем мире рядом. Но симметрия — общее свойство объектов окружающего мира, асимметрия же отражает индивидуальные свойства объектов. Мы же ставили перед собой задачу «сведения множества к единому» и пришли к выводу, что симметрия в основе всего, она — первооснова Красоты...

Светлеет грусть, когда цветут цветы,
Когда брожу я первоцветным лугом
Один или с хорошим давним другом,
Который сам не любит суеты.
За нами шум и пыльные хвосты —
Все улеглось! Одно осталось ясно,
Что мир устроен грозно и прекрасно,
Что легче там, где поле и цветы.

Н. Рубцов



1. Почему утки ходят переваливаясь?

2. Как бы вы расшифровали афористическое высказывание об искусстве икебаны: «Один цветок лучше, чем сто, передает великолепие цветка»?

3. Можете ли вы указать проявление симметрии у атома водорода?

4. Покажите, как проявляется симметрия органических молекул в их структурных формулах.

5. Попробуйте вырастить кристаллы. Для этого сначала приготовьте концентрированные растворы веществ, кристаллы которых вы хотите вырастить. В химические стаканы или колбы налейте дистиллированной воды, нагрейте ее до 60—70 °С. Насыпьте в воду соли и перемешивайте ее до тех пор, пока она не растворится. Сколько соли сыпать в воду? На 0,5 л воды достаточно 195 г поваренной соли, 150—200 г медного купороса, 375 г бихромата калия. Полученные растворы отфильтруйте и вылейте в сосуды, где будете выращивать кристаллы. Хорошо в сосуды бросить зародыши кристаллов или подвесить их на тоненькой проволочке. Сосуды поставьте в холодное место. Через 2—3 сут вы сможете рассмотреть ярко-синие кристаллы медного купороса или белые кристаллы поваренной соли. Если кристаллы на проволоке, отломайте осторожно уголок кристалла и подвесьте его снова в растворе; через некоторое время уголок у него отрастет. Почему?

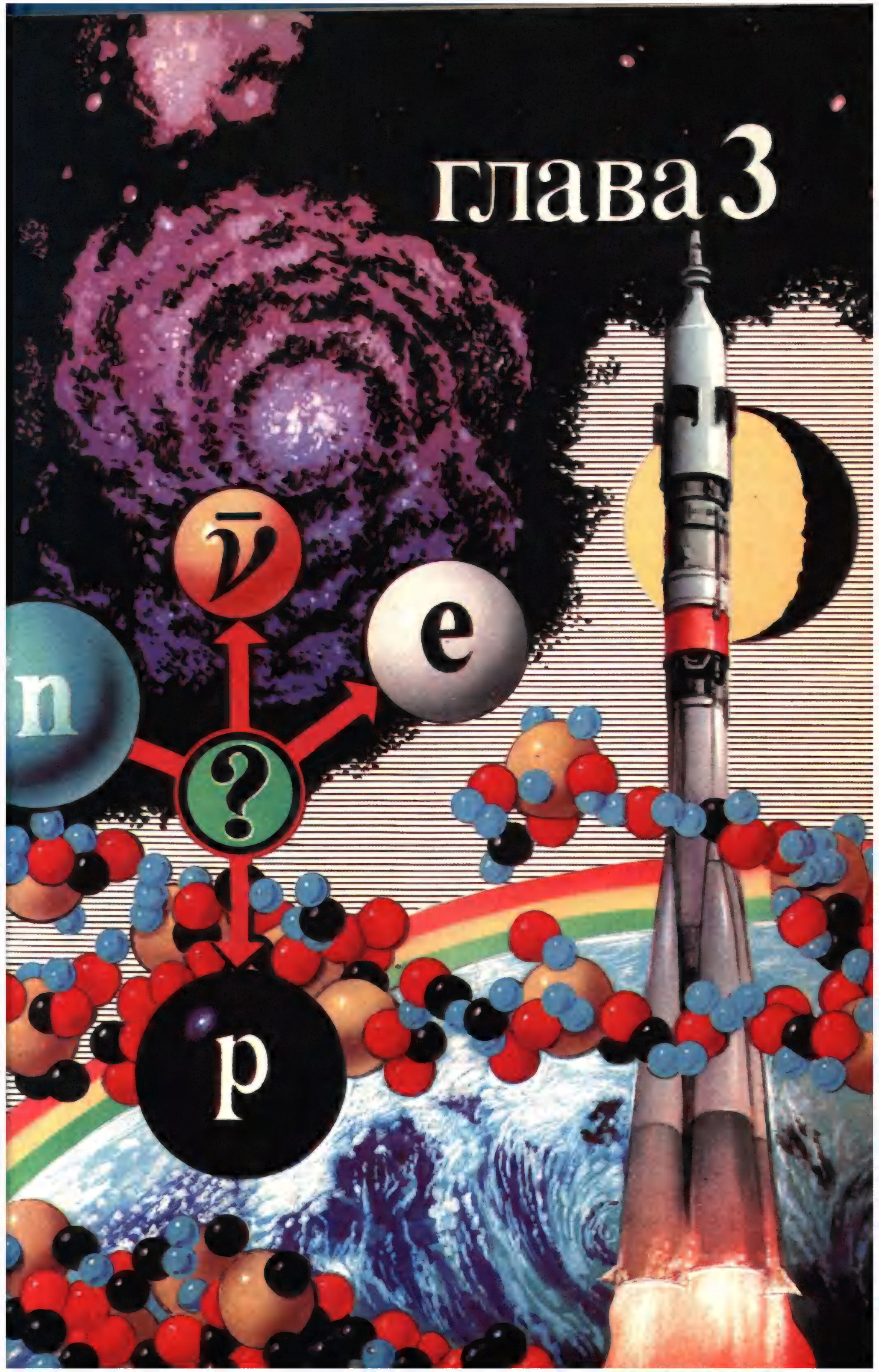
Литература

Мороз О. В поисках гармонии. — М.: Атомиздат, 1978.

Дмитриев И. С. Симметрия в мире молекул.— Л.: Химия, 1976.

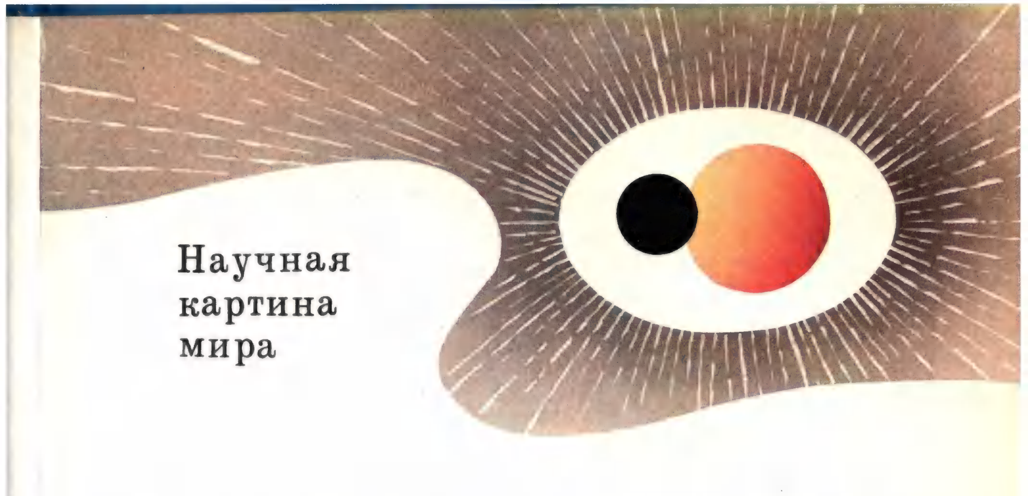
Тарасов Л. В. Этот удивительно симметричный мир.— М.: Просвещение, 1981.

Шаскольская М. П. Кристаллы.— М.: Наука, 1978.


глава 3
ν̄
e
n
?
p

...Всеобщий принцип развития надо соединить, связать, совместить с всеобщим принципом е д и н с т в а м и р а, природы, движения, материи...

В. И. Ленин



Научная картина мира

Под научной картиной мира классики марксизма-ленинизма понимают систематизированные, исторически полные образы и модели природы и общества. Огромен и разнообразен окружающий нас мир природы. Но каждый человек должен пытаться познать этот мир и осознать свое место в нем. Чтобы познать мир, мы из частных знаний о явлениях и закономерностях природы пытаемся создать общее — научную картину мира. Содержанием ее являются основные идеи наук о природе, принципы, закономерности, не оторванные друг от друга, а составляющие единство знаний о природе, определяющие стиль научного мышления на данном этапе развития науки и культуры человечества.

В каждый период развития человечества формируется научная картина мира, которая отражает объективный мир с той точностью, адекватностью, которую позволяют достижения науки и практики. Кроме того, картина мира содержит и нечто такое, что на данном этапе наукой еще не доказано, т. е. некоторые гипотезы, предвидения, которые в будущем могут прийти в противоречие с опытом и достижениями науки, так что некоторые места в картине мира придется дополнять.

Научная картина мира уточняется и развивается на протяжении многих веков — проникновение в сущность явлений природы — бесконечный, неограниченный процесс, поскольку материя неисчерпаема. С развитием науки представления людей о природе становятся все более глубокими и адекватными, все более отражающими истинное, реальное состояние окружающего мира. Хорошо об этом сказал В. И. Ленин: «...человеческое мышление по природе своей способно давать и дает нам абсолютную истину, которая складывается из суммы относительных истин. Каждая ступень в развитии науки прибавляет новые зерна в эту сумму абсолютной истины, но пределы истины каждого научного положения относительны, будучи то раздвигаемы, то суживаемы дальнейшим ростом знания»[1].

---

[1] Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 137.

Мы рассматриваем физические, химические, биологические науки. Общей формой систематизации, которая осуществляет синтез результатов этих наук со знаниями мировоззренческого порядка, является естественнонаучная картина мира. Это синтетическое, систематизированное и целостное представление о природе на данном этапе развития научного познания. Ядром естественнонаучной картины мира служит картина мира лидирующей на данном этапе развития науки — физики, т. е. физическая картина мира. Участие биологии в формировании естественнонаучной картины мира заключается в обосновании идеи сохранения, в разработке принципов эволюции, в решении проблемы человека как биосоциального существа. Таким образом, мы будем в основном рассматривать объединение знаний на основе физической картины мира, но это совсем не значит, что формируется она только на уроках физики.

В начале книги мы говорили о том, что не только физические, но и многие химические и биологические явления невозможно объяснить, не обращаясь к основным закономерностям и теориям, которые изучаются на уроках физики. Да это и понятно: ведь физика изучает наиболее простые и наиболее общие виды движения материи, которые лежат в основе более сложных видов, изучаемых на уроках химии и биологии.

Допустим, у вас сегодня по расписанию уроков астрономия, физика, химия, биология, обществоведение. Кто-нибудь подходит и спрашивает: «Чем вы будете заниматься на этих уроках?» Вы можете ответить, что на уроке астрономии вы будете изучать происхождение Солнечной системы, на уроке физики — квантовые свойства света, биологии — функции живого вещества. Но вместо этого перечисления можно ответить кратко — мы будем говорить о материи и ее движении. Многообразие рассматриваемых понятий вы сведете к единству — к двум основным понятиям научной картины мира. Фактически рассмотрению проявления материи и движения ее в мире живой и неживой природы и посвящены все уроки предметов естественнонаучного цикла. На них вы получаете знания, которые добывались на протяжении многих веков. Объединение этих знаний в единое целое и должно помочь вам составить представление о современной научной картине мира.

Чтобы понять современную научную картину мира, надо знать, как она развивалась.

Начало развития научных представлений о мире восходит к VII—VI вв. до н. э. Это было время рабовладельческого общества, в котором обращение к физическому труду наказывалось презрением; поэтому природа исследовалась силой ума, а опыты игнорировались. Научные обобщения строились на начальных наблюдениях, в красочных картинах мира было еще много наивного, часто рядом с реальным отражением действительности в них уживался вымысел, который сегодня нам кажется несовместимым с мудростью древних мыслителей.

В период развития феодального общества наряду с земледелием развивается ремесленничество, появляются мануфактуры. Их рост создает предпосылки для возникновения науки, опирающейся на эксперимент. Вначале опыты были примитивными и проводились без всякой системы — это было время «ползучего эмпиризма», но они подготавливали почву для новых опытов, приводили к открытию закономерностей, которые использовались для объяснения явлений природы, построения картины мира. В это время производство было примитивным; основным видом движения, с которым оно имело дело, было механическое движение. Естественно, что первыми были открыты и исследованы законы механики, они стали основой научного объяснения мира: XIV—XVIII вв. — это время расцвета механической картины мира.

XVIII в.— век промышленного переворота в Англии и буржуазной революции во Франции, начало расцвета капитализма. Развитие техники ставит вопрос о мощных источниках энергии, стимулирует их поиски. В связи с этим появляются новые отрасли знания — учение о теплоте, электричестве, магнетизме. Выяснение природы соответствующих явлений приводит к появлению гипотез о различных «невесомых» материях: теплороде, флогистоне, электрических и магнитных жидкостях. Подготавливается почва для возникновения представлений об электромагнитном поле, которые прийдут в науку с открытием Фарадея. С его именем связан последующий переломный этап классической физики. Открытие электромагнитного поля изменило взгляд на мир — механическая картина мира, согласно которой мир представлялся состоящим из пустоты и неизменных, не имеющих внутренних различий (бескачественных) частиц, пребывающих в бесконечном механическом движении, сменяется электродинамической картиной мира. Согласно этой картине в мире нет пустоты, он заполнен электромагнитным полем, все явления объясняются взаимодействием электрических зарядов.

С 1910 г. в науку начинают входить квантовые представления, представления о корпускулярно-волновом дуализме элементарных частиц и наступает время новой, современной картины мира. Как человечество шло к ней? Мы не будем рассказывать о всех дорогах, которые вели из древности к современным знаниям о мире. Мы лишь только хотим, чтобы, прочитав эту главу, вы получили представление о том, сколько энергии, труда пришлось затратить лучшим представителям человечества, чтобы последующие поколения могли познавать мир и объяснять его.

Литература

Карпинская Р. С. Биология и мировоззрение.— М.: Мысль, 1980.

Платонов Г. В. Картина мира, мировоззрение и идеология.— М.: Знание, 1972.

Картины мира мыслителей древности



Первые картины мира, дошедшие до нас из глубины веков, созданы в период от 600-х до 500-х гг. до н. э. Древние мыслители каждый по-своему искали единое в многообразии явлений окружающего мира.

Родоначальник греческой науки Фалес, основатель философской школы в Милете, полагая началом всего воду, считал, что Вселенная в процессе зарождения возникла из воды. Диоген Лаэртский, историк древности, писал о Фалесе: «Началом всего он полагал воду, а мир считал одушевленным и полным божеств». Действующие в мире силы Фалес отождествлял с «душами», а также с богами. Например, по его мнению, магнит имеет душу, потому что он притягивает железо. Фалес учил, что все знания надо сводить к единой основе: «Многословие вовсе не является показателем разумного мнения».

Другой мыслитель древности — Анаксимандр первоначалом всего сущего считал «апейрон» — некое бесконечное и неопределенное начало. Все состоит из апейрона и из него возникает. Части изменяются, целое же остается неизменным. Апейрон все из себя производит сам. Находясь во вращательном движении, апейрон выделяет противоположности — влажное и сухое, холодное и теплое. Парные комбинации этих главных свойств образуют землю, воду, воздух и огонь. Земля оказывается в центре как самое тяжелое, она окружена водной, воздушной и огненной сферами. Под действием небесного огня часть воды испаряется и из Мирового океана выступает часть суши. Вокруг Земли расположены три кольца, как ободы колеса. В нижнем ободе множество отверстий, сквозь которые просматривается заключенный в нем огонь,— это звезды. В среднем ободе одно отверстие — это Луна. В верхнем также одно — Солнце. Ободы вращаются вокруг Земли, с ними вращаются и отверстия — так объяснялось движение Солнца, Луны и звезд. Отверстия способны частично или полностью закрываться — таким образом объясняли солнечные и лунные затмения.

Живое зародилось на границе моря и суши из ила под воздействием небесного огня. Первые существа жили в море, затем некоторые из них вышли на сушу, сбросили чешую и стали сухопутными животными. Человек зародился в громадной морской рыбе и уже взрослым вышел на сушу, потому что без родителей он бы не выжил. Такой была картина мира Анаксимандра. Нам она кажется абсурдной, в ней не сходятся концы с концами, но это была первая попытка научного объяснения мира: ведь богам в этой картине нет места и сферы деятельности.

Анаксимен, ученик и последователь Анаксимандра, все формы природы сводил к воздуху. Он считал, что все тела возникают из воздуха через его разрежение и сгущение и превращаются снова в воздух; что небесные тела движутся не над Землей, а вокруг нее; что Солнце — это Земля, которая раскалилась от своего быстрого движения.

Анаксагор — слушатель Анаксимена, как пишет о нем Диоген Лаэртский. В центре внимания Анаксагора проблема качественного превращения тел («Каким образом из не-волоса мог возникнуть волос и из не-мяса — мясо?»), у него можно найти в зародыше идеи строения мира из элементов («Кости состоят из маленьких косточек, внутренние органы — из таких же маленьких органов; кровь — из бесчисленного множества капелек крови; золото — из кусочков золота; земля — из мелких земель, огонь — из огней, влага — из влаг, подобным же образом и все остальное»). Анаксагор считал, что вначале мир был в состоянии хаоса, все «семена» в нем были перемешаны (под «семенами» он понимал первичные, самые мелкие частицы), затем они разделились и из них образовались вещи. Анаксагор учил, что Луна, Солнце, планеты и звезды являются раскаленными камнями, что «ветры возникают оттого, что солнце разрежает воздух, молнии есть трение туч». Так думал человек, который жил более 2000 лет тому назад.

В системе мира Гераклита роль единой субстанции играет огонь, вечно движущийся, вечно развивающийся. Источником движения Гераклит считал борьбу противоположностей. Мир — это непрерывное развитие, непрерывное изменение, обновление существующего. В этом непрерывном изменении огонь становится водой, вода — землей, и обратно: земля — водой, вода — огнем. Оба противоположных процесса существуют вместе: «путь вверх и вниз — один и тот же».

Другой мыслитель древности Эмпедокл в качестве первоначала мироздания принимал четыре стихии — землю, воду, воздух и огонь, которые считал пассивными, а все процессы в мироздании объяснял борьбой двух антагонистических начал — любви (сила притяжения) и ненависти (сила отталкивания). Он считал, что любовь и ненависть попеременно одерживают верх, вследствие чего мироздание проходит последовательно четыре фазы космического цикла. Эмпедокл четко высказывает идею сохранения тождественной себе субстанции.

Послушайте, как убедительно звучат его слова: «Сумасшедшие считают, что может возникнуть что-то, чего никогда не было, или исчезнуть без следа что-то существующее. Я постараюсь открыть вам истину. В природе нет возникновения того, что может умереть; нет полного уничтожения; ничего, кроме смешивания и разделения соединенного. Только неучи называют это рождением и смертью».

Основатель античной атомистики Демокрит полагал, что «начала Вселенной суть атомы и пустота». Атомы Демокрит представлял как неделимые, плотные, непроницаемые, не содержащие в себе никакой пустоты частицы, они могут иметь самую разнообразную форму (шарообразную, угловатую, вогнутую, выпуклую и т. д.). В этом он видел объяснение разнообразия явлений и их противоположностей друг другу. Атомы «вихрем несутся во Вселенной и порождают все сложное — огонь, воду, воздух, землю,— ибо все они суть соединения каких-то атомов, которые не подвержены воздействиям и неизменны в силу своей твердости». Демокрит и другие греческие атомисты считали, что движение — вечное свойство вечных атомов. Атомы бескачественны, т. е. лишены цвета, запаха, вкуса и т. д. Все эти качества возникают в субъекте в результате взаимодействия атомов с органами чувств. Атомисты первыми стали учить о субъективности чувственных ощущений.

Мир в целом для атомистов — беспредельная пустота, наполненная многими мирами, число которых бесконечно, потому что они образованы бесчисленным множеством атомов самых различных форм. Земля одинаково удалена от всех точек области космоса, а поэтому неподвижна; вокруг нее движутся звезды.

В вопросе о происхождении жизни Демокрит придерживался материалистических взглядов Анаксимандра и Эмпедокла. Живое возникло из неживого вследствие действия законов природы, без всякого творца. Согласно Демокриту, после образования Земли поверхность ее вздулась, образовав покрытые тонкой кожицей гнилостные пузыри, внутри которых были живые плоды. После того как пузыри увеличились и лопнули, из плодов образовались люди и животные. Демокрит пытался объяснить, почему в его время не рождаются живые существа из пузырей Земли: Земля уже не та, и небо не то; только иногда можно заметить, как в гниющей земле зарождаются живые существа. Это ошибочное мнение о самозарождении червей, гусениц, насекомых долго бытовало в науке. Так, у Овидия можно прочитать: «Из павших коней боевых черно-желтые шершни родятся».

Говоря о картинах мира, созданных древними мыслителями, более подробно следует остановиться на картине мира, которую создал Аристотель. Эта картина мира продержалась в науке почти два тысячелетия.

Аристотель — древнегреческий философ и ученый. Всеобъемлющий ум, мудрость и авторитет Аристотеля содействовали

тому, что его учение так долго господствовало в науке. Его труды насчитывают много томов, их можно считать энциклопедией научных знаний того времени: в них встречаются рассуждения, относящиеся к физике, космогонии, биологии, метеорологии, математике, политике, этике, риторике и др.

Обратимся к физическим воззрениям Аристотеля и постараемся понять, почему его космогония и физика оказались чрезвычайно удобными для церкви.

Мир Аристотеля состоит из пяти стихий — земли, воды, воздуха, огня и эфира. Материя в его понимании — это то, «из чего вещь состоит», и то, «из чего вещь возникает». Материя у Аристотеля делима до бесконечности, он не признает пустоты. Все многообразие веществ на земле Аристотель конструирует из таких активных качеств, как холодное и теплое, и таких пассивных, как сухое и влажное. Земля — сочетание холодного с сухим, огонь — теплого с сухим, воздух — теплого с влажным, вода — холодного с влажным. Эти четыре элемента существуют в мире, где все бесконечно меняется, где наблюдаются различные виды движения: возникновение, уничтожение, перемещение в пространстве прерывное и непрерывное, равномерное и неравномерное.

В небесном мире все тела состоят из некоего вещества — эфира, который заполняет все пространство над землей, водой, воздухом и огнем. Эфир вечен, он не меняется и не превращается в другие элементы. Небесные тела движутся, совершая непрерывные круговые движения.

Вселенная Аристотеля конечна, ее ничто не объемлет, вне ее находится только перводвигатель — бог. Бог Аристотеля безличный. Под его жизнью Аристотель понимает деятельность его разума, сам бог и есть чистый деятельный разум. Представления Аристотеля о боге весьма не конкретны. Но Аристотель не мог обойтись без бога, так как без него он не мог объяснить движение звезд, планет, Луны и Солнца. Согласно Аристотелю, все небесные тела прикреплены к сферам, движутся не сами тела, а эти эфирные сферы. Первую сферу, на которой находятся звезды, движет бог, движение первой сферы передается другим сферам, все ниже и ниже, вплоть до Земли, где вследствие несовершенства подлунных элементов совершенное круговое движение распадается на множество несовершенных. Космос Аристотеля вечен во времени и вечно его движение, но вечность движения — результат вечной деятельности бога.

Одна из центральных проблем, которая занимала Аристотеля,— проблема механического движения. Основным положением его механики является утверждение: «Движущееся тело останавливается, если сила, его толкающая, прекращает свое действие...» Очевидно? Конечно. Прекратите двигать книгу, и она будет спокойно лежать на столе. Перестаньте тянуть санки, и они остановятся. Но очевидность не всегда доказательство истины. Вчитайтесь еще раз в тезис Аристотеля: утверждение, заключаю-

щееся в нем, совершенно не учитывает проявления инерции. Нам понятно, что для движения тела, которое находится вне действия других тел, не надо никакой движущей силы, оно будет двигаться равномерно и прямолинейно сколь угодно долго уже потому, что существует и обладает массой. Но Аристотель не увидел проявления инерции в окружающем мире, он заставил бога денно и нощно вращать небосвод. В объяснении, например, движения стрелы, выпущенной из лука, Аристотель исходил из утверждения, что природа «боится пустоты»: стрела выталкивает воздух и воздушные массы, устремляясь в пустоту, образовавшуюся за стрелой, толкают ее.

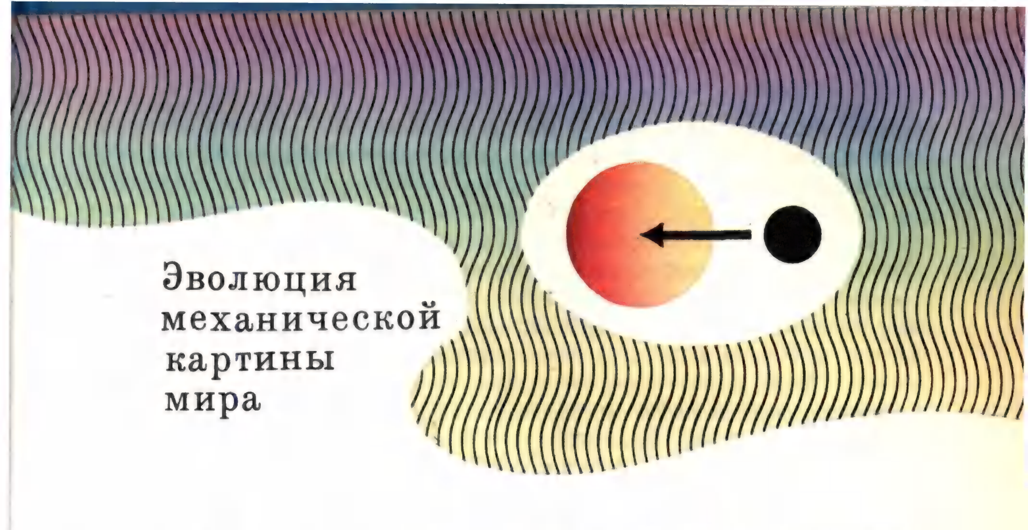
Натурфилософские взгляды древних греческих мыслителей кажутся нам наивными. Но именно греческими учеными были поставлены все основные проблемы, касающиеся развития естествознания, строения материи и материального мира, проблема движения, проблемы жизни и эволюции и др.

Литература

Асмус Г. Ф. Античная философия.— М.: Высшая школа, 1976.

Лаэртский Д. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов.— М.: Мысль, 1979.

Чанышев А. Н. Курс лекций по древней философии.— М.: Высшая школа, 1981.



Эволюция механической картины мира

Первый сокрушительный удар по системе мира Аристотеля нанес выдающийся польский ученый Николай Коперник. В мае 1543 г. увидело свет его сочинение «О вращениях небесных сфер». В обращении к читателю, напечатанном на титульном листе, автор указывал, что в книге рассмотрены движения звезд и планет, «представленные на основании как древних, так и современных наблюдений; развитые на новых и удивительных теориях». Обращение заканчивалось словами: «Поэтому, усердный читатель, покупай, читай и извлекай пользу.

Да не входит никто, не знающий математики».

С выходом этой книги в науке началось формирование представлений о гелиоцентрической системе мира.

В системе мира Коперника Земля вращается вокруг своей оси и вместе с другими планетами вокруг Солнца. Сфере звезд Коперник приписал покой. Так Земля перестала быть центром мироздания, стала обычной планетой Солнечной системы. Эти взгляды противоречили вековым, установившимся представлениям о мире, поддерживаемым не только наукой, но и церковью. К отрицанию системы мира, созданной Аристотелем, Коперника привели размышления над этой системой: диаметр сферы, на которой укреплены звезды, огромен, поэтому она должна иметь невероятно большую скорость, чтобы успеть обернуться вокруг Земли за сутки. Почему природа именно так устроила мир? Не проще ли было Земле вращаться вокруг своей оси, ведь эффект был бы тот же... И Коперник приходит к выводу, что вращается Земля.

«Почему не признать,— пишет он,— что небу принадлежит только видимость суточного обращения, действительность же его — самой Земле, так что здесь происходит то, о чем сказано в «Энеиде» Вергилия: «От гавани мы отплываем, а земли и села от нас убегают. Ибо когда корабль движется спокойно, то все, что находится вне его, представляется морякам таким, как если бы все это двигалось по подобию корабля: самих себя и все, что при них,

они считали покоящимися». Так в науке вместе с гелиоцентрической картиной мира появляется идея относительности механического движения.

Сам Коперник мало успел сделать, чтобы утвердить свое учение, он боялся церкви и не спешил обнародовать свои идеи. Однако великое творение Коперника сыграло огромную роль не только в истории естествознания, но и в истории мировой науки. Ф. Энгельс так характеризует его значение: «Революционным актом, которым исследование природы заявило о своей независимости... было издание бессмертного творения, в котором Коперник бросил — хотя и робко и, так сказать, лишь на смертном одре — вызов церковному авторитету в вопросах природы».[1] Отсюда начинает свое летосчисление освобождение естествознания от теологии.

Тяготы и гонения выпали на долю других ученых, добровольно взявших на себя защиту и утверждение в науке учения Коперника. Одним из таких мучеников науки был Джордано Бруно. Он не только пропагандировал учение Коперника, которое низвергло Землю с центра Вселенной, он учил, что центра Вселенной нет вообще. Наш мир — один из бесчисленных миров, которых во Вселенной множество, среди них есть миры, населенные живыми существами, человек — лишь мелкое звено в ряду творений... Этого не могла стерпеть церковь. Более семи лет томился Бруно в застенках инквизиции, подвергаясь пыткам и истязаниям. 17 февраля 1600 г. он был сожжен на площади Цветов в Риме. Ныне на этом месте стоит памятник Бруно.

Следующий решающий шаг в борьбе за систему Коперника был сделан Галилео Галилеем. В 1610 г. вышел «Звездный вестник», в котором Галилей оповещал о своих открытиях, сделанных с помощью изобретенной в 1609 г. подзорной трубы: на Луне существуют горы и глубокие кратеры, вокруг Юпитера движутся спутники точно так же, как Луна вокруг Земли, Млечный Путь — это группы звезд и отдельные звезды, Венера имеет фазы, как и Луна. И это все можно увидеть! Всем желающим Галилей позволял увидеть при помощи подзорной трубы движущиеся вокруг Юпитера четыре «луны».

Законы, по которым движутся планеты, были открыты Иоганом Кеплером. Все расчеты, приведшие к открытию этих законов, были изложены в двух книгах «Новая астрономия» (1609) и «Гармония мира» (1619). Это открытие обессмертило его имя.

От законов Кеплера и законов, установленных Галилеем (законы равноускоренного движения, принцип относительности механического движения), началось развитие науки механики, законы которой стали основой объяснения явлений окружающего мира,— началось создание механической картины мира. Среди ее создателей нельзя не вспомнить Декарта.

---

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 347.

Рене Декарт — философ, математик, физик, анатом — национальная гордость Франции. Он первый после Аристотеля взялся за создание единой картины мира, способной охватить все его частности. В опубликованных им в 1644 г. «Началах философии» планетная система изображалась как огромное скопление материальных вихрей, вращающихся вокруг Солнца и движущих при этом планеты. Согласно Декарту, мир первоначально представлял бесформенную, лишенную всяких качеств, обладающую некоторым количеством движения материю, образующую вихри. Солнечная система представляла собой огромный вихрь, в центре которого находилось Солнце. Центрами других вихрей, вращающихся вокруг Солнца, являлись планеты, вокруг которых в подчиненных им вихрях кружились луны.

Декарт развил представление о движении как форме существования материальных тел. Отождествляя тело и занятое им в пространстве место, Декарт считал, что для отделения тела от среды необходимо, чтобы существовала разница скоростей движения тела и среды, которая его окружает. Граница тела с пространством становится реальной, когда тело движется, движение определяет размеры и форму тела!

В мире Декарта нет ничего, кроме движущихся бескачественных частиц. Многокрасочный мир он заменяет бесцветной схемой, все процессы сводит к механическому перемещению частиц. Согласно его теории, между живым организмом и механизмом, построенным человеком, нет разницы; живой организм может образоваться из неорганического вещества: движущиеся частицы при этом давят на окружающую среду и уплотняют ее, образуя стенки сердца. Кровь, также уплотняя при движении окружающую среду, образует кровеносные сосуды, затем образуются различные органы, они связаны множеством рычагов, нитей и т. д. Так Декарт объяснял появление живых существ без вмешательства бога, противоречия его при этом не смущали. Он считал, что задача ученого состоит в том, чтобы из ненадежных гипотез выводить правильные и полезные следствия.

Противоположного мнения на этот счет придерживался другой создатель механической картины мира — Исаак Ньютон. Материал для теоретических обобщений он черпал из опыта. Его основной тезис: «Гипотез не измышляю!»

23 апреля 1686 г. Ньютон передал в Королевское общество свой труд «Математические начала натуральной философии», в котором, как указывается в протоколе общества, «дается математическое доказательство гипотезы Коперника в том виде, как она была предложена Кеплером, и все небесные движения объясняются на основании единственного тяготения к центру Солнца, обратно пропорционального квадрату расстояний». Этот труд состоит из трех книг, в которых представлена картина мира, основанная на законах механики, доказано всемирное тяготение как следствие из применений механики к движениям небесных тел. В книгах

сформулированы три закона движения (законы Ньютона), даны четкие определения физических величин, изложены основы кинематики и динамики материальной точки, твердого тела, механика жидкостей и газов. Венцом труда можно считать третью книгу — «О системах мира», в которой изложен закон всемирного тяготения, а также «Правила философских умозаключений», на которых было воспитано не одно поколение ученых. Вот они:

1. Не принимать иных причин явлений, кроме тех, которые достаточны для их объяснения.

2. Аналогичные явления относить к одной и той же причине.

3. Считать свойством тел такие свойства, которые присущи всем телам, над которыми мы можем экспериментировать.

Именно следование этим правилам и помогло Ньютону открыть закон всемирного тяготения, закон, на основе которого и была построена им картина мира.

Понимание действия закона пришло к Ньютону в процессе систематизации разнородных фактов: яблоко притягивается к Земле, воды океанов — к Луне, планеты — к Солнцу, значит, все тела притягиваются друг к другу вследствие наличия у них массы. Метод Ньютона — метод индукции — как форма умозаключения, обеспечивающая возможность перехода от единичных фактов к общим положениям, стал широко применяться во всем естествознании. В науке этот период известен под названием «ньютоно-линнеевская» школа, так как первым среди последователей Ньютона можно назвать Карла Линнея.

Для природоведения XVIII в. работы Линнея были тем же, чем периодическая система элементов для химии XIX в. Линней классифицировал и систематизировал знания о природе. Всю природу он разделил на минералы, растения и животных; растения в свою очередь были разделены на 24 класса, а мир животных — на 3 класса: млекопитающих, рыб и птиц. Как вы знаете, не все в этой классификации соответствовало действительности, но биология получила основу для дальнейшего исследования природы.

Картина мира, которая господствовала в XVIII в., была картиной неизменной, однажды созданной природы, и Ньютон также не мог вырваться из рамок господствовавшего тогда мировоззрения. Его теория тяготения позволила объяснить существование такой системы мира, понять, на чем «держится» мир. Эта загадка не давала покоя многим поколениям ученых. Еще Леонардо да Винчи задавал вопрос, на который не мог найти ответа: «Луна, плотная и тяжелая Луна, на чем она держится, эта Луна?» Благодаря Ньютону стало ясно, что Луна, и Солнце, и планеты, и множество звезд во Вселенной удерживаются всемирным тяготением.

Вселенная Ньютона состоит из движущихся тел и пустоты. Пространство в ней только вместилище тел, а время — длительность процессов. Пространство и время Ньютона не связаны между собой и с движением материальных объектов. По Ньютону, Вселенная

бесконечна в пространстве и времени и неизменна со дня сотворения и на веки веков. Как она образовалась? На этот вопрос Ньютон не отвечает. А чтобы привести ее в движение, Ньютону понадобился «первый толчок» какого-то таинственного божества. Как видите, сфера «деятельности» бога сужается. Если у Аристотеля бог призван был денно и нощно крутить небосвод, то здесь ему надо было привести в движение Вселенную только в первый момент, а дальше все уже происходило в согласии с законами природы. Чем больше человечество познавало мир, тем меньше в нем оставалось места необъяснимому — сверхъестественной силе.

Известный французский ученый Ж. Лагранж сказал о Ньютоне: «Он самый счастливый человек — систему мира можно создать только один раз». Уже это высказывание характеризует Лагранжа как сторонника механистического мировоззрения, для которого природа представлялась неизменной в своем вечном повторении, следовании вечным законам, как некий механизм, однажды отрегулированный и запущенный на вечные времена, подобно заведенным и пущенным в ход часам или музыкальной шкатулке. Все предопределено этими законами, и отступление от них невозможно. Вот как об этом писал П. Лаплас: «Мы можем рассматривать настоящее состояние Вселенной как следствие ее прежних состояний и как причину для будущих. Разумное существо, которое могло бы знать в какой-то момент времени все действующие в природе силы, а также соответствующие положения всех составных частей природы, смогло бы, при наличии достаточных аналитических способностей для оценки этих данных, охватить движение небесных тел и мельчайших атомов с помощью одной формулы. Ничто не укрылось бы от существа; прошедшее и будущее, в равной степени открытые, легли бы перед ним». Вот как рассуждал один из выдающихся ученых того времени. Зная законы движения, скорости и координаты всех частиц во Вселенной, мифическое существо могло бы предсказать судьбу не только миров, но и государств, и отдельных людей. Расположением частиц в незапамятные времена были предопределены чья-то внезапная смерть сегодня или чье-то рождение завтра. Для нас это абсурд, но для людей того поколения это было научное объяснение явлений природы: ведь не по велению бога человек умирал или рождался — эти процессы определялись объективными законами природы. Согласно механистическому мировоззрению на основе законов механики можно было объяснить самые различные явления природы, начиная от космических и кончая явлениями живой природы. Принцип однообразия природы, однотипные законы, объясняющие явления природы, единство сил и единство происхождения всего сущего в живой и неживой природе стали методом подхода к объяснению окружающего мира. Такое объяснение превращало многокрасочный мир в бесцветную схему, согласно которой в нем нет ничего, кроме движущихся неизменных бескачественных частиц, различающихся только своим положени-

ем в пространстве и скоростями. Конечно, эта схема не отражала с достаточной степенью точности мир, но она соответствовала данному этапу развития науки и мировоззрению эпохи. Анализируя принципы понимания природы на этом этапе развития представлений о ней, Энгельс указывал, что для него особенно характерна «выработка своеобразного общего мировоззрения, центром которого является представление *об абсолютной неизменяемости природы*»[1]. Согласно этому взгляду природа, каким бы путем она сама ни возникла, оставалась всегда неизменной. Планеты и их спутники, однажды приведенные в движение таинственным «первым толчком», продолжали кружиться по предначертанным им эллипсам во веки веков. Звезды покоились неподвижно на своих местах, удерживая друг друга в этом положении посредством «всеобщего тяготения». Земля оставалась неизменно одинаковой. Ее материки существовали всегда, имели всегда те же самые горы, долины и реки, тот же климат, ту же флору и фауну, если не говорить о том, что изменено или перемещено рукой человека. Виды растений и животных были установлены раз и навсегда при своем возникновении, одинаковое всегда порождало одинаковое...

Господствовавшей биологической доктриной в XVIII в. была теория преформизма — вложенных зародышей, согласно которой в яйцеклетке или спермии любого живого существа содержится уже готовый маленький организм, материализованный «чертеж» взрослого организма, в соответствии с которым без всякого развития происходит увеличение в масштабе всех органов до размеров взрослого организма; в зародышах находятся свои зародыши и так до бесконечности. Подтверждение справедливости этой идеи о бесконечно длинной и нелепой шеренге вложенных друг в друга зародышей преформисты якобы находили при помощи микроскопов. Но в то время микроскопы были так несовершенны, что при желании в икре лягушек можно было увидеть нечто похожее на живых лягушек.

Опровергнуть теорию преформизма было трудно, потому что в естествознании все еще имел силу аристотелевский тезис о бесконечном делении материи без качественного изменения ее свойств.

Но в недрах механистического мировоззрения зреет идея развития, эволюции, природы. Первый кирпичик в фундамент эволюционной картины мира был положен Иммануилом Кантом с выходом его «Всеобщей естественной истории и теории неба» в 1755 г. Этой работой Канта, по словам Ф. Энгельса, впервые было поколеблено представление, что природа не имеет никакой истории во времени.

Эволюционные идеи в науке. Иммануил Кант для кенигсберцев был олицетворением постоянства и точности. По времени, в которое он выходил на прогулку, обедал со своими постоянными гостями,

---

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 348.

а потом засыпал после обеда под яблоней в саду, можно было проверять часы. Его костюмы шил один и тот же портной, и каждый следующий костюм был точной копией предыдущего. В его кабинете все вещи неизменно оставались на своих местах. Когда в саду соседа разрослась яблоня и ветка ее изменила вид из окна кабинета, господин Кант не успокоился, пока сосед не разрешил ему отпилить эту ветку. Словом, как в представлениях о природе в то время царила неизменность, так и в повседневной жизни вокруг себя Кант следовал этим представлениям. Но недаром тезис Канта «Имей мужество пользоваться своим умом» известен многим людям, даже очень далеким от занятий философией. Кант имел мужество выступить против царившего в науке представления о неизменности окружающего мира. Именно мужество надо было иметь, чтобы в противовес общепринятому мнению о созданном творцом мире, в котором все так совершенно, что больше ничего уже в нем не может измениться, заявить, что в деяниях природы нет ни добрых, ни злых целей, что все в ней идет своим чередом, гибель или возникновение в ней любых ее творений только этап в общем процессе развития. «Творение никогда не завершено. Некогда оно началось, но оно никогда не прекратится»,— разъяснял Кант общеизвестные сейчас истины. Согласно Канту, начало Солнечной системе дала туманность, состоящая из частиц, которые двигались хаотически. Силы притяжения и отталкивания между частицами вызывали вихревые движения, которые привели к вращению туманности. При этом периферийные ее части отрывались, превращаясь в планеты, а центральная часть стала Солнцем. Аналогично объяснялось образование и других солнечных и звездных систем Млечного пути. Идеей эволюции природы проникнута не только книга Канта «Всеобщая естественная история и теория неба», но и его статьи, посвященные Лиссабонскому землетрясению (1775 г.). Это землетрясение послужило мощным толчком, который ускорил созревание новых идей, крушение иллюзий о вечной гармонии природы, созданной творцом на вечные времена. Даже самым ярым приверженцам устоявшихся взглядов трудно было согласиться с существованием творца, который в мгновение ока погубил 60 000 невинных людей.

В геологии также утверждаются эволюционные идеи. В 1757 г. появляется работа М. В. Ломоносова «Слово о рождении металлов от трясения Земли», в которой доказывается, что вся история Земли — это цепь непрерывных изменений.

Труднее всего идея эволюции завоевывала биологию. Сам Кант признавался в том, что решение загадки развития живых существ — непомерная трудность. «...Дайте мне материю, и я покажу вам, как из нее должен образоваться мир. Но... в состоянии ли мы сказать: дайте мне материю, и я покажу вам, как можно было бы произвести гусеницу?» — пишет он.

Но нашлись люди, которые попытались объяснить, как происходит развитие живых организмов. Первым среди них

следует назвать профессора Петербургской академии наук Каспара Вольфа.

«Характерно, что почти одновременно с нападением Канта на учение о вечности Солнечной системы К. Ф. Вольф произвел в 1759 г. первое нападение на теорию постоянства видов, провозгласив учение об эволюции»[1],— писал Ф. Энгельс. В своей диссертации «Теория генерации» (1759 г.) К. Вольф рассматривает первоначальное развитие живого тела, начиная от микроскопического, лишенного структуры зачатка, до сложного организма, обладающего тканями, органами и т. д., т. е. развитие организма в начале жизни с новообразованием всех необходимых для жизни органов — развитие путем эпигенеза. Как вы помните, это было время господства преформизма — теории вложенных зародышей, которая в корне отрицала всякое новообразование, развитие. Работа Вольфа стала объектом споров на ближайшие полвека: ведь он замахнулся не только на развитие отдельных организмов — на развитие видов, которые согласно царившему мировоззрению были созданы раз и навсегда и так были совершенны, что их не надо было изменять.

У Вольфа были предшественники в прошлом, и прежде всего Аристотель. Но в настоящем были только враги, и среди них такие могущественные, как Галлер и Лейбниц.

Попробуем разобраться, почему теорию преформизма защищали гениальные ученые, а теория развития организма, несмотря на свое начало еще от Аристотеля, с таким трудом прокладывала себе путь.

Аристотель первый увидел в эмбриональном развитии новообразование из «бесформенной» материи. Но он не мог ответить на вопрос, почему из эмбриона курицы всегда появляется курица (петух), а не крыса, например, или какое-то другое существо. Теперь мы знаем, что в зародыше курицы есть молекулы ДНК, в которых закодированы все признаки будущей курицы, в свою очередь в ее яйцеклетках в молекулах ДНК будут закодированы признаки следующего поколения этой породы кур (петухов), и так будет продолжаться, пока этот вид существует.

Сторонники преформизма искали внутреннюю «модель», вещественный чертеж организма, который сам способен к росту, они отрицали развитие с образованием нового. Но многие факты вступили в противоречие с их взглядами. Например, как объяснить явление регенерации? Ящерица отращивает новый хвост, тритон— лапу, из одной гидры можно получить несколько, если разрезать ее на куски. Почему у нормальных родителей бывают уродливые дети? Эпигенез мог ответить на эти вопросы: форма рождалась из бесформенной материи. Он был ближе к той истине, которая сейчас известна нам: форма рождается заново, модель же ее заложена в хромосомах. Но слабой стороной эпигенеза было допущение

[1] Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 354.

о существовании жизненной или формирующей организм силы, которую, однако, найти не могли. Именно эта «сила» и вызывала критику эпигенеза. Эпигенетики утверждали прогрессивную идею развития в природе, они способствовали формированию представлений о естественном образовании новых видов животных и растений и даже о зарождении живого из неживого. А это уже было покушение на религиозную точку зрения, согласно которой только верховному творцу было под силу творение живого.

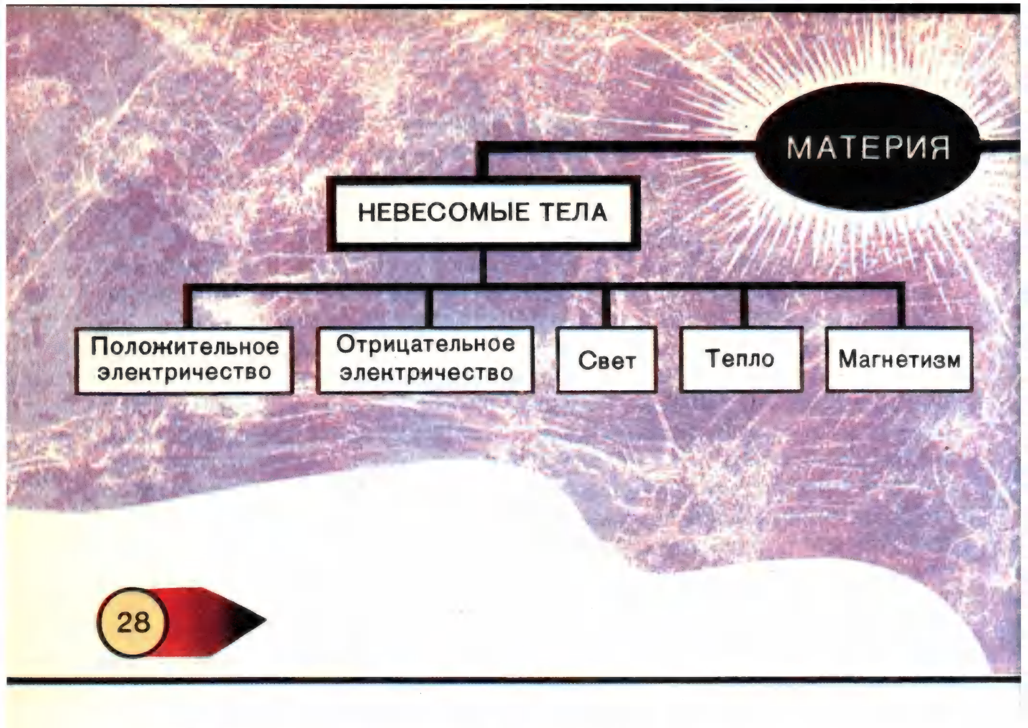
Идея эволюции в живой природе овладевала все новыми и новыми умами. Профессор Петербургской академии наук К. Бэр высказывает мысль о том, что живые существа возникли из одной простой формы. Этим он объяснял сходство эмбрионов различных видов животных.

Утверждению идеи эволюции в биологии способствовали и работы французских ученых, в особенности Ламарка.

Ламарк придерживался того мнения, что природа создавала различные живые тела, постепенно переходя от самого простого к более сложному, что природа непосредственно, т. е. без помощи какого-либо органического акта, могла создать только наиболее просто организованные тела как в царстве животных, так и в царстве растений. Ламарк полагал, что самозарождение происходит из «желатинообразных частиц», что в ходе эволюции особи, составляющие вид, остаются неизменными до тех пор, пока не изменяются внешние обстоятельства, влияющие на образ их жизни. По Ламарку, причиной эволюции являются изменения окружающей организмы среды. Они приводят к изменению в применении тех или иных органов животных и к наследственным изменениям как формы, так и функций этих органов. Заслуга Ламарка в развитии эволюционной теории огромна, хотя его учение не могло объяснить многое в живой природе.

Мы оставляем биологию в тот момент, когда где-то в последующие годы будет готовиться к кругосветному путешествию корабль «Бигл», на котором молодой Ч. Дарвин будет вести наблюдения. А в городе Брюнне, в ботаническом саду монастыря св. Фомы, монах Грегор Мендель будет ставить массовые опыты по гибридизации 34 сортов гороха. Мы знаем, что в 1859 г. будет издана книга «Происхождение видов». Дарвин станет властителем умов, его учение произведет первое заметное разрушение механической картины мира. Мендель умрет, так и не узнав о признании своего открытия: оно слишком опередило его время. Но и закон естественного отбора, и законы Менделя займут свое достойное место в научной картине мира.

А теперь мы обратимся к химии. Развитие этой науки, так же как и биологии, доказывало, что мир образован не механическим сложением частей, где каждая его часть выполняет определенную функцию, предначертанную ей с момента создания мира, что природа не так проста, чтобы все процессы и явления, происходящие в ней, объяснять только перемещением бескачественных,



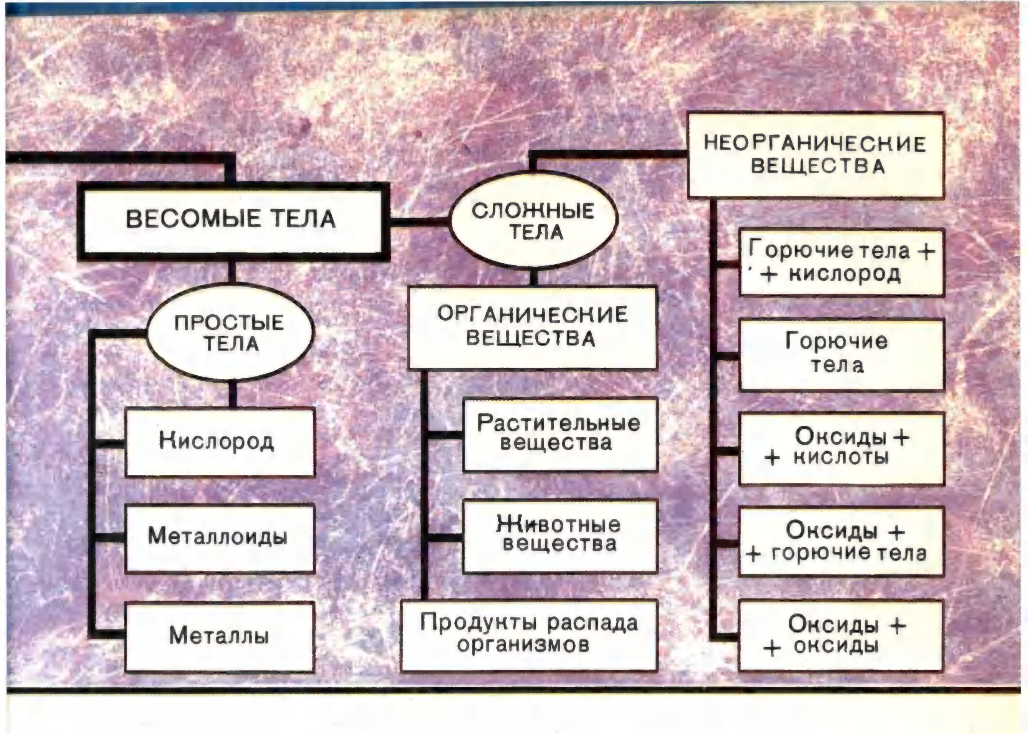
вечных, неизменных частиц, подходить к ним с одинаковыми законами.

Развитие представлений о строении вещества. В 1647 г. выходит книга французского философа П. Гассенди, в которой он пишет о том, что все тела состоят из атомов, аналогично тому как из строительных материалов построены дома. В телах атомы объединяются в группы, которые Гассенди назвал молекулами. Он считал, что если атомы соединяются друг с другом в нескольких точках, то образуется жидкое тело, если же точек соединения много, то образуется твердое тело. Конечно, взгляды Гассенди были наивными, но тем не менее они способствовали развитию атомистических представлений о строении вещества.

Роберт Бойль, английский химик и физик, который положил начало становлению химии как самостоятельной науки и дал первое научное определение химического элемента, также придерживался атомистических взглядов.

Атомно-молекулярные представления о строении вещества развивал М. В. Ломоносов. Он объяснял свойства тел конфигурацией молекул, образующих эти тела, а изменение свойств тел в химических реакциях — изменением конфигураций молекул. Конечно, это еще не была современная теория строения вещества. Как и другие ученые, сторонники механистического мировоззрения, Ломоносов основными характеристиками атомов и молекул считал их массу, скорость, координаты.

Химики получили веское доказательство существования атомов и молекул после того, как Джоном Дальтоном в 1807 г. был



открыт закон кратных весовых отношений. Но природа химической связи осталась необъяснимой. Вы знаете, что это удалось сделать только на основе квантовых представлений.

Дальнейшее развитие химии связано с работами Лавуазье. С ними вошел в науку закон сохранения массы вещества, в химии стали систематически применяться количественные методы, была выяснена роль кислорода в процессах горения и дыхания, что способствовало опровержению теории флогистона, утверждению атомистических представлений, зарождению органической химии.

К 1850 г. атомно-молекулярная теория стала господствующей и в химии, и в физике. Во многом этому способствовал шведский ученый Якоб Берцелиус. Он построил систему атомных весов всех известных тогда химических элементов. Каждый вид атомов получил «права гражданства» в научной картине мира. Разработанная им электрохимическая теория позволила высказать догадку о силах, действующих между атомами, о распределении электричества на атомах, о неравноценности их «полюсов». Как видим, благодаря химии каждый вид атомов стал приобретать свое лицо. Обратите внимание на классификацию материальных объектов по Берцелиусу (рис. 28). Такая классификация уже не вписывалась в механическую картину мира, в которой основным было представление об элементах мира как о неделимых частицах, обладающих массой. Невидимые, невещественные, невесомые субстанции Берцелиуса подготавливали формирование представления о поле — еще одном виде материи.

Исследования в области органической химии помогли биологам расправиться с «жизненной силой», которая в живом организме должна была руководить образованием органических веществ из неорганических.

Накопление экспериментальных данных о химических и физических свойствах химических элементов позволило Д. И. Менделееву открыть периодический закон (1869 г.). В основу классификации элементов Д. И. Менделеев положил массу их атомов: как и другие сторонники механистического мировоззрения, основным свойством атомов он считал массу. Но картина изменения свойств веществ, созданная Менделеевым, не вписывалась в механическую картину мира.

Как видим, развитие биологии, химии, физики привело к тому, что начался распад механической картины мира.

Механистический детерминизм не подтверждался развитием науки и вызывал возражения философов. Механицизм утверждал покорность ходу событий, невозможность их изменения: зачем бороться с какими-то неприятностями, если они «запрограммированы» миллионы лет тому назад расположением частиц и их скоростями? Подобное мировоззрение не допускало никаких революций, никаких изменений в собственной судьбе или судьбе общества.

В 1781 г. выходит книга И. Канта «Критика чистого разума». В ней автор, пытаясь проникнуть в глубь истории с ее картинами ужасающей жестокости, бесчеловечности, глупости, ставит вопрос:«Как весь этот видимый хаос совместить с понятием прогресса человеческого развития?» — и приходит к выводу, что суетное на одном системном уровне оказывается закономерным на другом, более высоком уровне. Природные задатки человека, его разум развиваются не в индивиде, а в роде. Род людской развивается в направлении прогресса, несмотря на отдельные эгоистические желания. Источником естественного развития Кант считает борьбу. Таким образом, мы видим, что человеческая мысль подошла к диалектической идее о единстве и борьбе противоположностей, которые составляют основу всякого развития.

Закон естественного отбора был открыт Ч. Дарвином под влиянием идеи о причине развития. Как вы помните, этот закон носит статистический характер — случайные изменения на одном системном уровне (на уровне индивидуального развития) проявляются путем естественного отбора на уровне вида. Выход книги Дарвина «Происхождение видов» (1859 г.) совпал с открытием Дж. Максвеллом статистического закона о распределении молекул по группам, отличающимся различными скоростями. Этот закон определяет вероятность распределения молекул по скоростям, т. е. он допускает случайные события. Согласно представлениям механической картины мира, как вы помните, случайностям в мире не было места. С открытием закона Максвелла в науку входит понятие о динамических и статистических закономерностях. Первые с абсолютной точностью определяют поведение отдельных

тел, вторые — определяют вероятность поведения тел, входящих в большие ансамбли. Таким образом, статистические закономерности определяют поведение тел на макроуровне, на микроуровне же поведение микрочастиц продолжали объяснять строгие динамические закономерности, т. е. механистический детерминизм оказался ограниченным «сверху» (на макроуровне).

Утвердить в науке теорию вероятности помогли работы Л. Больцмана, связанные со статистическим обоснованием второго начала термодинамики, установлением связи между энтропией и вероятностью. Все это привело к тому, что механическое движение уже перестало быть господствующим видом движения материи, хотя еще продолжало существовать представление о едином виде материи — веществе.

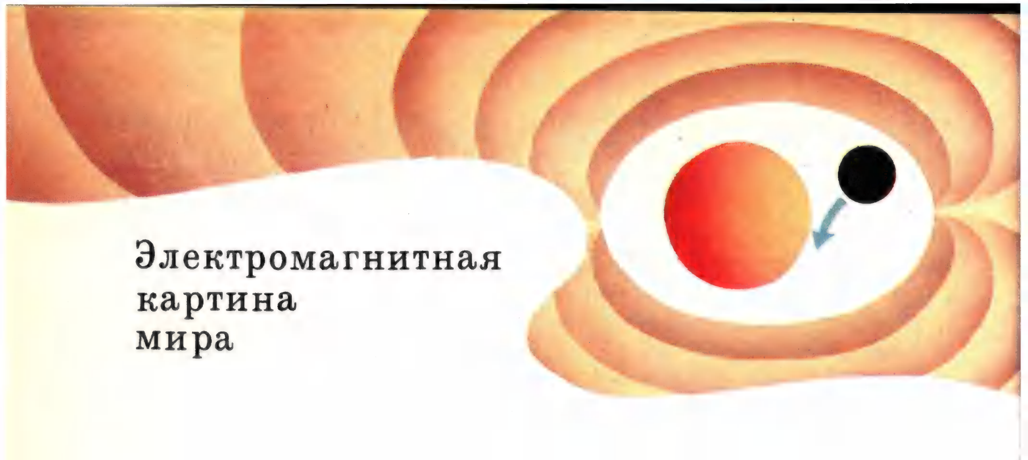
Этому способствовало также открытие Р. Майером закона сохранения энергии, величайшего закона природы, который стал основой для объяснения явлений природы во всем естествознании, мощным орудием материалистического объяснения мира.

Литература

Гангнус А. Рискованное приключение разума.— М.: Знание, 1982.

Кузнецов Б. Г. От Галилея до Эйнштейна.— М.: Наука, 1966.

Соловьев Ю. И., Куринный В. И. Якоб Берцелиус.— М.: Наука, 1980.



Электромагнитная картина мира

Эта модель природы возникла в конце XIX в. Идеи, которые легли в ее основу, начали формироваться в физике задолго до ее утверждения. В то время еще господствовал механистический способ мышления. Но он уже не был в состоянии объяснить новые эмпирические факты, полученные в различных «не механических» областях исследования. Наверное, не случайно первооткрыватели закона сохранения энергии, позволившего объединить многие, разрозненные на первый взгляд факты из области физики, химии, биологии, космологии, являются не физиками, а специалистами других областей знания или человеческой деятельности: врач Роберт Майер, владелец пивоваренного завода Джеймс Джоуль, врач-физиолог Герман Гельмгольц. Закон сохранения энергии сыграл большую роль в открытиях, связанных с электрическими и магнитными явлениями. «Беря на себя задачу отыскать законы электричества, мы видим, что не обладаем никаким другим доступным вспомогательным средством исследования, кроме как единственно и исключительно принципом сохранения энергии»,— говорил Макс Планк.

Первые исследования по электричеству и магнетизму начались еще задолго до открытия закона сохранения и превращения энергии.

Так, в своих исследованиях Фарадей руководствовался идеей превратимости сил природы. «Превратить магнетизм в электричество» — это была его заветная мечта. Когда она овладела Фарадеем? После того, как он узнал об открытиях Эрстеда и Ампера, или гораздо раньше, когда мальчик в залатанной курточке пробирался среди экипажей лондонскими улицами, прижимая к груди пачку аккуратно переплетенных книг и думая о профессоре Деви, публичные лекции которого ему удалось прослушать? Когда большая мечта овладевает достойным, не отступающим перед трудностями человеком, тогда и совершаются открытия, причисляемые к открытиям века. Попробуйте представить себе: каждый день выполнять по нескольку опытов, каждый

опыт скрупулезно описывать и анализировать. И это в течение десяти лет. Вот сколько времени и сил понадобилось, чтобы превратить магнетизм в электричество. Но ни один день не потрачен напрасно. Ни для человечества, ни для себя. С открытием Фарадея в жизнь вошли не только генераторы тока и электромоторы, с ним прежде всего в науку вошло представление об электромагнитном поле как о материальной среде, как о непрерывной материи, заполняющей пространство.

Почему открытие явления электромагнитной индукции привело к изменению взглядов на мир? Мысленно еще раз повторим опыт по электромагнитной индукции, который вы видели на уроках физики: магнит вдвигается в катушку, в катушке возникает ток. Изменение магнитного поля порождает электрическое поле, которое существует в пространстве, где находится катушка. А если катушку убрать? Электрическое поле не исчезает. Переменное магнитное поле порождает в пространстве изменяющееся электрическое поле и наоборот. Эти поля существуют в пространстве независимо от того, есть ли там электрические заряды и магниты или их нет. До Фарадея никто не говорил о том, что силовое поле — это не результат механических перемещений тел, не формальная схема, которая необходима для объяснения явлений, что оно само по себе является материальной субстанцией.

Дальнейшее развитие представлений о поле связано с Максвеллом. Благодаря его работам (начало XX в.) в науке утвердилась электромагнитная картина мира. Согласно этой картине весь мир заполнен электромагнитным эфиром, пустоты в нем нет. Электрическое, магнитное и электромагнитное поля трактовались как состояния эфира, который был их носителем. Поскольку эфир был средой для распространения света, то его называли еще «светоносным» эфиром. Как видим, понятие эфира снова появилось в науке, «возродились» представления о непрерывности материи, которые были в картине мира Аристотеля. Но, конечно, это уже совершенно другие представления.

Все законы природы сводились к законам электромагнетизма, которые математически выражались уравнениями Максвелла. Вещество представлялось состоящим из электрически заряженных частиц. Ставилась задача «построить модель атома, составленного из определенных сочетаний положительного и отрицательного электричества»,— как говорил об этом автор одной из самых «вкусных» моделей атома Дж. Томсон (вы, конечно, догадались, что речь идет об известной вам модели «пудинг с изюмом»). К тому времени, когда возникли представления об атомах, состоящих из электронов и протонов, электромагнитная картина мира приобрела почти завершенную форму, ей удалось объединить разрозненные факты путем обращения к единообразной сущности, каковой считалось электромагнитное поле. На основе электромагнитных взаимодействий объясняются не только электрические и магнитные явления, но и оптические, и тепловые, и химические.

В 1900 г. В. Вин поставил вопрос об электромагнитном обосновании механики. В науку прочно входит представление о непрерывности материи. Окончательно оно победило, когда А. Майкельсон своими опытами доказал, что светоносного эфира нет, свет — электромагнитное поле — сам является видом материи, для его распространения нет необходимости в какой-либо особой среде — эфире.

Представления об электромагнитном поле были настолько популярными, что А. Эйнштейн, будучи еще шестнадцатилетним юношей, подолгу размышлял о его свойствах, в частности о том, каким представлялось бы электромагнитное поле для наблюдателя, который «летит» вдогонку за ним со скоростью света, т. е. 300 000 км/с. Впоследствии он рассказывал, что никак не мог себе представить, каким бы было электромагнитное поле для такого наблюдателя, и, наверное, из этой невозможности родилась позже уверенность, что «луч света нельзя догнать»: с какой бы скоростью мы ни гнались за ним, он уходит от нас со скоростью 300 000 км/с — скорость света во всех инерциальных системах отсчета одинакова. Это положение является одним из постулатов специальной теории относительности.

С утверждением в науке теории относительности изменились представления о пространстве и времени, о массе движущихся тел, об их взаимодействии. В механике Ньютона и механической картине мира пространство и время считались «абсолютными», не связанными с материальными объектами и не зависимыми друг от друга. Материальные объекты существовали в пустоте, взаимодействия между ними передавались мгновенно. Действительно, ни в формулу закона всемирного тяготения, ни в формулу закона Кулона время не входит. Вообразим себе опыт, в котором необходимо определить силу взаимодействия зарядов, причем расстояние между ними такое же, как между Землей и какой-нибудь планетой в туманности Андромеды, т. е. около 2 млн. св. лет. Для этого мы, конечно, применим формулу

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}.$$

Теперь передвинем «земной» заряд на некоторое расстояние, т. е. в данной формуле изменим r на r_1. Во времена механической картины мира это простое обстоятельство нас не заставило бы задуматься: ведь заряд в туманности Андромеды мгновенно «узнал» бы об этом и стал бы притягивать или отталкивать «земной» заряд с силой

$$F_1 = k\frac{|q_1||q_2|}{r_1^2}.$$

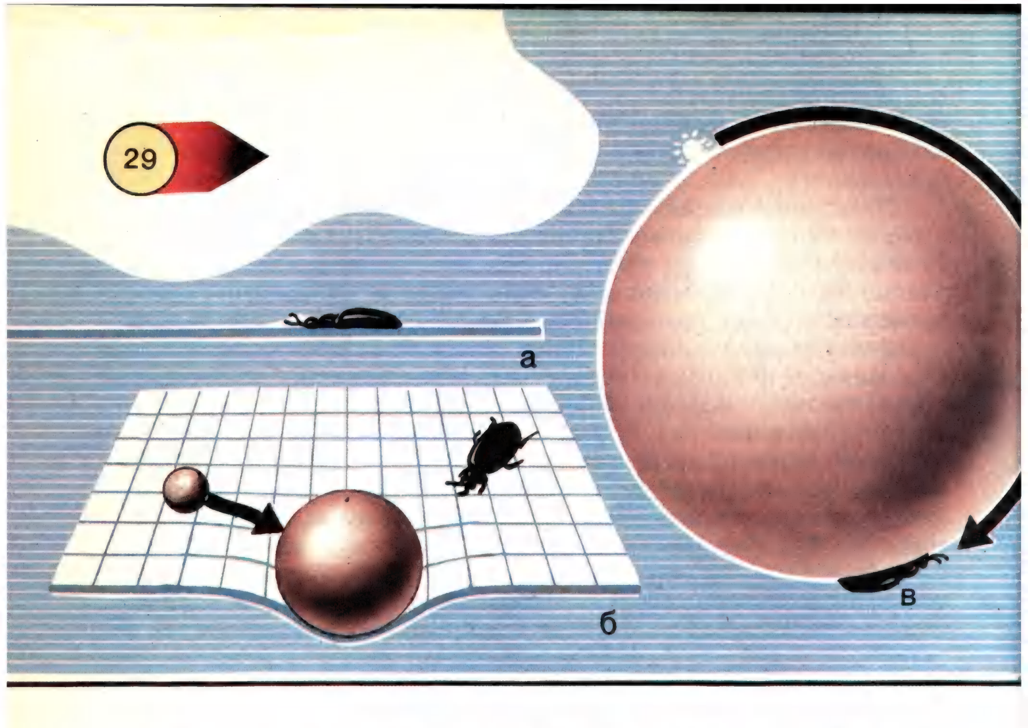
Согласно представлениям электромагнитной картины мира (да и современной тоже) сила взаимодействия между зарядами станет равной F_1 только через 2 млн. лет, когда электромагнитное поле,

вызванное перемещением земного заряда, дойдет до второго заряда. Только тогда он «узнает», что «следует» изменить силу взаимодействия.

Эйнштейн показал органическую взаимосвязь пространства и времени, относительность пространственных и временных соотношений в материальном мире. По Эйнштейну, распределение материи во Вселенной изменится, если перейти от одного периода времени к другому, от одной области пространства к другой. Пространство и время определяются распределением и движением масс материи. В связи с этим на смену представлениям о бесконечной неизменной Вселенной Ньютона приходят другие представления о Вселенной.

Чтобы легче было понять, какова модель Вселенной по Эйнштейну, обратимся к двумерному «пространству». Представим себе плоское существо — «жука»,— живущее на листе бумаги (рис. 29, *а*). Пусть этот лист способен изгибаться, как резиновый. Если мы бросим на него, например, стальной шарик, то лист под ним прогнется (рис. 29, *б*), но «жук» этого не заметит: ведь для него вне листа ничего нет. Если мы бросим второй шарик, то он скатится в углубление к первому, а «жуку» покажется, что второй шарик притянулся к первому. Эта аналогия поможет нам понять теорию Эйнштейна, согласно которой вблизи всякого инертного тела пространство искривляется. В искривленном пространстве наименьшим расстоянием между двумя точками является некоторая кривая (ее называют геодезической). В таком пространстве свободное движение тела происходит по геодезической кривой. Если представить, что криволинейное движение тел под действием силы тяготения — это свободное движение в искривленном пространстве, то можно считать, что всякое тело вблизи себя искривляет пространство и это искривление передается подобно волне, от точки к точке. Тогда не надо будет говорить о силах тяготения. Но движение под действием этих сил не только криволинейное, ускорение может меняться и по модулю. Чтобы объяснить тяготение изменением свойств пространства, надо превратить время в одно из измерений пространства. В теории относительности фигурирует четырехмерное пространство (четвертой координатой является время), искривление которого позволило Эйнштейну полностью объяснить все явления, связанные с тяготением. Это искривление производят тела. В зависимости от плотности вещества геометрия такого пространства может быть приближенно евклидовой (именно в таком пространстве находилась Вселенная Ньютона), или приближенно геометрией Лобачевского, или приближенно геометрией Римана.

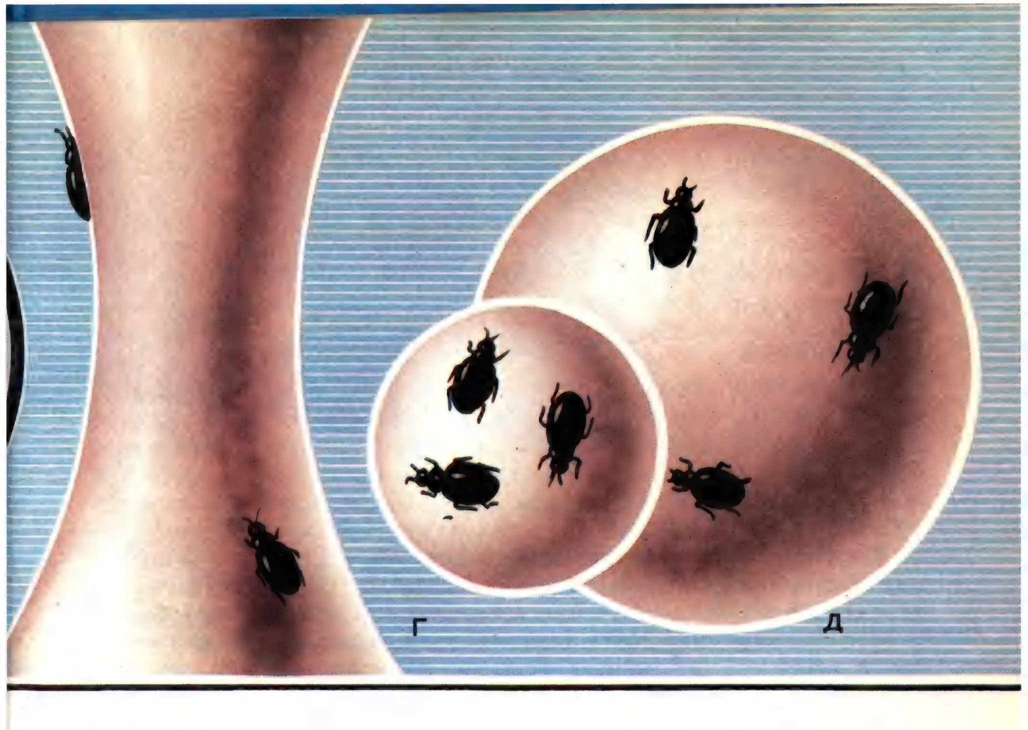
Представления об искривленном пространстве дали возможность построить модели Вселенной, отличные от модели Ньютона. По одной из моделей мир безграничен, но не бесконечен. Чтобы понять это, вернемся к аналогии с листом. Если этот лист может прогибаться одинаково в каждой точке, то это может привести



к тому, что он свернется в шар (рис. 29, *в*), поверхность его замкнута, она не имеет границ, но конечна по размерам.

В 1922 г. советский ученый А. А. Фридман показал, что теория тяготения Эйнштейна позволяет построить еще две равноправные модели Вселенной. Одна из них — закрытая модель, подобная поверхности шара, другая модель открытая (рис. 29, *г*). Согласно теории Фридмана, расстояния между телами во Вселенной, согласующейся с той и другой моделью, должны меняться со временем. Пространство должно либо расширяться, либо сжиматься. Например, если шар надувать, то каждому из сидящих на шаре «жуков» будет казаться, что остальные «жуки» убегают от него (рис. 29, *д*). Эта наглядная аналогия может помочь понять «разбегание» галактик, которое астрофизики обнаружили по красному смещению спектральных линий.

Как видим, электромагнитная картина мира отличается от механической картины. Но все же между ними много общего. Так, если в механической картине мира окончательными элементами, моделирующими физическую реальность, были неизменные, не имеющие структуры частицы (их можно назвать материальными точками), движение которых предопределялось начальными условиями и законами механики, то в электромагнитной картине мира роль таких частиц выполняют точечные электрические заряды и электромагнитные характеристики каждой точки эфира, но «поведение» тех и других также предопределено начальными условиями и строгими физическими законами, т. е. в электромагнитной картине мира физические процессы также считаются однозначно



детерминированными. Единственное, что противопоставляет эти картины мира,— это представление о материи: в механической картине мира она дискретна, в электромагнитной — непрерывна. Частицы, играющие роль кирпичиков мироздания, взаимодействуют посредством окружающего их электромагнитного поля, имеющего непрерывный характер. Атомы химических элементов уже не неделимые частицы, они обладают внутренней структурой, но они сохраняют свое название атомов и электрически нейтральны. Казалось бы, модель атома Резерфорда прекрасно гармонирует с представлениями электромагнитной картины мира: электроны и ядро держатся в атоме посредством образующегося между ними электрического поля. Справедлив и сейчас вывод из модели Резерфорда о том, что нельзя говорить, например, что атом водорода состоит из протона и электрона. Можно сказать, что он возникает из них. Действительно, если электрон и протон находятся рядом, то у результирующего электрического поля запас энергии меньше, чем в том случае, когда заряды удалены друг от друга. Масса этих заряженных частиц при образовании из них атома уменьшается (согласно закону взаимосвязи массы и энергии $E = mc^2$ уменьшению энергии соответствует и уменьшение массы). Так что протон и электрон в атоме отличны от протона и электрона, которые существовали отдельно. Природа использует необычный, с нашей точки зрения, «клей», чтобы соединить частицы в атоме — она «отбирает» от частиц энергию и эквивалентную ей массу. Но оказалось, что именно модель атома Резерфорда нанесла один из сокрушительных ударов по электромагнитной картине мира.



Современная научная картина мира

Картина мира, которую начали создавать Галилей и Ньютон, а завершали Фарадей, Максвелл и Эйнштейн, отражала философские воззрения, которые брали начало еще от древних: природа не делает скачков. Эти представления основывались на непрерывности процессов. Это мнение изменила квантовая теория, согласно которой вещество при излучении испускает энергию конечными порциями — квантами. Энергия кванта равна $\varepsilon = h\nu$, где ν — частота света (излучения), h — постоянная Планка. Эта величина играет огромную роль в современной физике. Луи де Бройль писал: «День, когда была введена постоянная Планка, остается одной из замечательных дат в истории человеческой мысли». С постоянной Планка вошло в науку представление о дискретности энергии в микромире; постоянная Планка оказалась связанной с понятием о строении атома.

Каково строение атома? Вам известно, что на основе экспериментальных данных Резерфордом была создана планетарная модель атома. Это была последняя наглядная его модель. В мае 1911 г. физики узнали о том, как выглядит атом, но на Сольвеевском конгрессе в Брюсселе они об этом промолчали. Предложенная Резерфордом модель была катастрофой для классической физики. Согласно представлениям электродинамики Максвелла, движущийся вокруг ядра электрон должен излучать энергию и поэтому очень быстро упасть на ядро. Получалось, что с признанием модели атома Резерфорда следует пересмотреть классическую электродинамику, которая уже стала основой электромагнитной картины мира. Хотя на Сольвеевском конгрессе не было сказано, что планетарная модель атома не имеет права на существование, Резерфорд понимал, что «его» атом обречен. Тем более радостно было узнать о его спасении.

В марте 1913 г. из Копенгагена Резерфорду пришел пакет от молодого датского физика Нильса Бора с наброском его первой работы по квантовой теории строения атома. В этой статье Бор писал: «...существование мира постоянно доказывает, что атом —

устойчивая система. Значит, электроны, вращаясь вокруг ядра, вопреки Максвеллу — Лоренцу не излучают непрерывно. Так, если это не происходит и они, обессиленные, не падают на ядро, не проще ли предположить, что в атоме есть пути, на которых электроны не растрачивают энергию: стационарные орбиты! Только покидая такую орбиту, электрон начинает излучать...» По существу в этих словах выражено содержание знаменитых постулатов Бора, от которых и началась квантовая механика — новая физика.

Бор считал, что электрон, как и микрочастица в классической физике, движется по определенному пути — о вероятностном характере движения электрона стало известно гораздо позже. Эти пути — стационарные орбиты — Бор определял при помощи главных квантовых чисел. Атом может излучать энергию только тогда, когда электрон перескакивает с одной орбиты на другую, причем эта энергия излучается атомом в виде кванта. Между излучаемой энергией и энергией электрона существует соотношение $h\nu = E_i - E_k$, где E_i — энергия электрона на i-й орбите, E_k — энергия электрона на k-й орбите, $h\nu$ — энергия кванта (h — постоянная Планка, ν — частота света).

Теория строения атома, созданная Резерфордом и Бором, позволила объяснить многие факты. Например, были объяснены спектральные закономерности, периодичность изменения свойств атомов химических элементов. Но сколько возникло новых вопросов, на которые, как тогда казалось физикам, невозможно было ответить. Эйнштейн писал: «Это было так, точно из-под ног ушла земля и нигде не было видно твердой почвы, на которой можно было бы строить...» Действительно, что это за «пути», по которым электроны могут двигаться, не растрачивая энергию. Как электрон «узнаéт», какой квант энергии ему следует излучить при переходе с одного энергетического уровня на другой? Например, электрон переходит с четвертого энергетического уровня на второй, излучая определенный квант энергии. Но он может перейти и на третий, и на первый энергетический уровень. И тогда он должен излучить энергию, соответствующую этим переходам... Бор не сумел ответить на эти вопросы. Ответ нашли другие физики, правда, для этого пришлось отказаться от прежних представлений о микропроцессах.

Как вы помните, в механической и электромагнитной картинах мира микрочастицы представлялись неизменными, их скорость, координату, энергию можно было определить абсолютно точно в любой заданный момент времени. В современной картине мира совершенно другой взгляд и на сами микрочастицы, и на их поведение.

Французский физик Луи де Бройль в 1924 г. предложил рассматривать дискретные состояния электрона в атоме как волновые явления. Это давало возможность объяснить, почему электрон при своем движении вокруг ядра не излучает энергию (стоячая волна

не излучает и не поглощает энергию). Вскоре была открыта дифракция электронов, что подтвердило наличие у них волновых свойств. Математическое обоснование волновой модели атома дал австрийский физик Эрвин Шредингер. Решение составленного им для описания движения микрочастиц уравнения дает значения величины, известной в физике под названием Ψ-функции или волновой функции. Оказалось, что «пси»-волны — это волны бесплотные, но они могут рассказать о движении электрона. Это движение не подчиняется законам механики Ньютона: если бы мы создали двум электронам абсолютно одинаковые начальные условия, то дальнейшее их движение могло бы быть совершенно различным, чего законы механики не допускают. Поведение элементарных частиц вероятностное, мы не можем по начальным условиям с абсолютной точностью определять их последующее поведение, что было возможно для атомов в механической картине мира или для точечных зарядов в электромагнитной картине мира. Обусловлено это тем, что элементарным частицам присущи свойства корпускулы и волны. Для них невозможно с абсолютной точностью одновременно определить координату и импульс, изменение энергии и интервал времени, на протяжении которого происходит это изменение. И не потому, что мы не обладаем достаточно точными для этой цели приборами, а по той же причине, по которой нельзя построить вечный двигатель: сама природа не позволяет этого сделать. Микрообъект не может иметь одновременно и определенную координату, и определенную соответствующую ей проекцию импульса и определенным образом изменить свою энергию в точно определяемый интервал времени. Например, чем точнее мы определим координату электрона, тем бóльшая неопределенность будет допущена в определении его импульса. При переходе электрона с одного энергетического уровня на другой существует неопределенность в значении его энергии, поэтому нечего задумываться над тем, как электрон «выбирает», какой квант ему следует излучить, чтобы попасть на тот, а не на иной энергетический уровень. У него есть «шанс» оказаться на каждом из возможных энергетических уровней, поведение его не предопределено, оно вероятностное. Соотношения, которые дают возможность увидеть, как связаны между собой неопределенности при определении координаты и импульса микрообъекта, энергии и времени его жизни в рассматриваемом состоянии, введены в 1927 г. В. Гейзенбергом:

$$\Delta p_x \Delta x \gtrsim h; \quad \Delta E \Delta t \gtrsim h.$$

Их называют соотношениями неопределенностей. Как видите, они также связаны с постоянной Планка, фундаментальной постоянной квантовой механики.

С утверждением в науке квантовой механики механическая картина мира получила сокрушительный удар — механистический детерминизм ограничивается снизу (вы помните, что статистические закономерности ограничили его сверху в период начала

распада механической картины мира). Теперь оказалось, что не только макроскопические законы, определяющие массовый результат поведения микрочастиц, носят статистический характер, но и законы, определяющие поведение частиц в каждый момент времени и в каждой точке, являются статистическими. Как уже говорилось, такое поведение микрообъектов обусловлено тем, что они обладают корпускулярными и волновыми свойствами. Борьба идей дискретности и непрерывности материи, которая велась на протяжении всего развития науки, завершилась слиянием обеих идей в представлении о свойствах элементарных частиц.

В механической и электромагнитной картинах мира элементарным понятием было движение себетождественной частицы. В механической картине мира такой частицей был атом, в электромагнитной на роль «абсолютных атомов» (неделимых и неизменных частиц, из которых состоит все сущее) претендовали электрон и протон. Но открытие нейтрона в 1932 г. привело к выводу, что в ядре атома нет электронов и, значит, они образуются в результате распада нейтрона. Позитроны, открытые в космических лучах, дали возможность наблюдать такие удивительные процессы, как превращение электрон-позитронной пары в фотоны или, наоборот, превращение фотона большой энергии в электрон-позитронную пару.

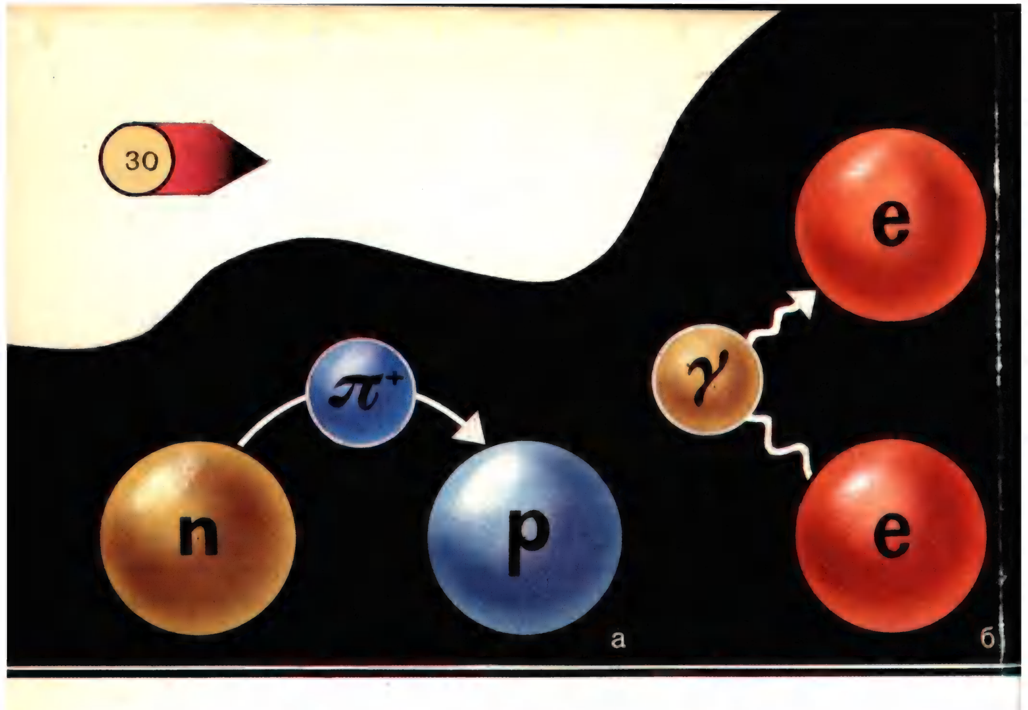
Эксперименты в области физики высоких энергий изменили представление о мире... Начиная от Демокрита, атомисты объясняли бесконечное разнообразие вещей соединением и разъединением их частей, в этих процессах конечными и неделимыми частицами представлялись атомы. В их вечности и сохранении их числа усматривались доказательства вечности мира. А в чем же мы видим опору для понимания несотворимости и неуничтожимости мира? Можем ли мы элементарные частицы считать «конечными частицами» материи аналогично тому, как атомисты представляли вечные и неделимые атомы? Чтобы ответить на этот вопрос, подумаем, чем отличается понятие делимости в классической и современной физике.

Представим себе мысленный эксперимент, в котором моделью «конечной частицы» материи служит тарелка. Возьмем две тарелки из синтетического материала и ударим одну о другую. С точки зрения классической физики возможны два случая:

тарелки останутся целыми, тогда они «неделимы»;

тарелки разлетятся на кусочки, сложим их — форма тарелок восстановится; масса кусочков равна массе исходной тарелки. Тарелка «делима».

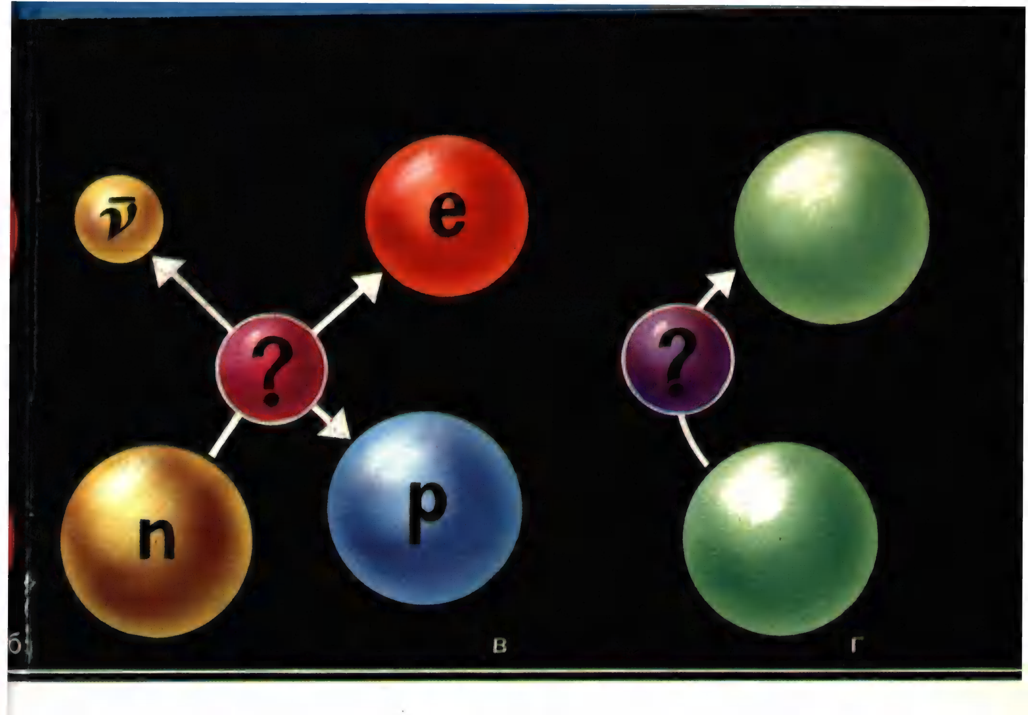
Если бы набор посуды имел свойства элементарных частиц, мы наблюдали бы нечто совершенно иное. Представим себе, что мы ударяем одну тарелку о другую. И ничего не происходит. Ударяем их с большей силой, и вот результат: у нас в руках оказываются две тарелки и одна чашка! Можно ли их считать осколками



двух тарелок? Конечно, нет... Эти образовавшиеся «элементарные частицы» имеют также статус элементарных частиц, как и исходные. Интересно, что масса образовавшихся частиц не обязательно равна массе исходных: она может быть как больше их массы, так и меньше, в зависимости от условий, в которых происходило взаимодействие.

Неделимость частиц мы понимаем теперь диалектически и на основе этого понимания проводим границу между «элементарным» и «сложным». Например, атом мы считаем сложной системой, потому что электроны и ядро можно считать осколками атома, масса их не намного отличается от массы атома. Элементарные же частицы — это более или менее стабильные образования материи, которые не делятся на осколки. Основное свойство элементарных частиц — взаимопревращаемость. Мы не называем их «конечными частицами» материи и не пытаемся найти «конечные частицы». Чем глубже мы продвигаемся в направлении увеличения концентрации энергии, тем дальше от нас отодвигается мираж конечных сущностей, «исходных кирпичиков мироздания».

«Элементарные» частицы... Термин «частица» в предыдущих научных картинах мира ассоциировался с представлением о материальной точке, маленьком шарике, «песчинке». Чтобы понять, что означает этот термин в современной научной картине мира, надо вначале выяснить, что такое поле и что такое квант поля. В современной картине мира элементарная частица — это простейший элемент данного поля, или просто «квант данного поля». Объяснить, что такое поле, тоже не просто. Но смысл этого поня-



тия станет яснее, если мы прибегнем к такому сравнению: поля́ современной физики можно сравнить со стихиями в картине мира древних мыслителей. Если они считали фундаментальными сущностями четыре стихии (землю, воду, воздух, огонь), то современная физика пытается раскрыть все содержание реального мира через проявление четырех видов взаимодействий (рис. 30).

Сильное взаимодействие (рис. 30, *а*) обеспечивает связь нуклонов в атомных ядрах. Ядерные силы действуют только на малых расстояниях (10^{-15} м).

Электромагнитное взаимодействие (рис. 30, *б*) связывает электроны в атомах и атомы в молекулах. Интенсивность его примерно в 100 раз меньше, чем сильного, но оно действует на любых расстояниях.

Слабому взаимодействию (рис. 30, *в*) подвержены все элементарные частицы, кроме фотона. Оно ответственно за распады некоторых частиц и за процессы с участием нейтрино. Его интенсивность составляет лишь 10^{-14} от интенсивности сильного взаимодействия.

Гравитационное взаимодействие (рис. 30, *г*) наиболее слабое. Его интенсивность составляет 10^{-43} от интенсивности электромагнитного взаимодействия. Оно действует между всеми материальными объектами.

Таковы в общих чертах современные представления о взаимодействиях в природе. Свести все разнообразные силы к единой основе, к чему стремилось человеческое знание на протяжении всего развития науки, современной физике пока не удалось.

Однако начало созданию единой теории всех сил природы положено. Электромагнитные и слабые взаимодействия уже включены в рамки единой теории.

К началу 30-х гг. XX в. у физиков благодаря успехам квантовой механики появилось ощущение такого могущества, что они обратились к самой жизни. В генетике оказалось много созвучного с квантовой механикой. Биологи обнаружили дискретную неделимую частицу — ген, которая может переходить из одного состояния в другое. Изменения в конфигурации генов, связанные с изменениями хромосом, что и обусловливает мутации, оказалось возможным объяснить на основе квантовых представлений. Одним из основоположников молекулярной биологии, получившим Нобелевскую премию за исследования в области мутационного процесса у бактерий и бактериофагов, был немецкий физик-теоретик М. Дельбрюк.

В 1944 г. вышла небольшая по объему книга Э. Шредингера «Что такое жизнь?». В ней давалось ясное и сжатое изложение основ генетики, раскрывалась связь генетики с квантовой механикой. Книга известного физика послужила важным толчком к штурму гена физиками. Благодаря работам американских физиков Уотсона, Крика, Уилкинса мы узнали, как «устроена» самая основная «живая» молекула — ДНК. Увидеть ее позволил рентгеноструктурный анализ.

Мы говорили о роли квантовых представлений в утверждении в научном объяснении мира понятия о всеобщей взаимосвязи и взаимообусловленности явлений на микроуровне. А как же обстоит дело на макроуровне? Такая связь тоже установлена. Синтезом знаний об окружающем мире мы обязаны выдающемуся советскому ученому Владимиру Ивановичу Вернадскому.

В. И. Вернадский по праву считается во всем мире лидером естествознания XX в. Им создано учение о биосфере — одно из крупнейших философских обобщений в области естественных наук. Творчество В. И. Вернадского знаменует собой поворот в истории естествознания от процесса дифференциации наук к их синтезу, интеграции. Учение о биосфере впитало в себя новейшие достижения научной мысли и стало фундаментом для новых исследований и открытий. В этом учении нашли отражение идеи Дарвина об эволюции видов, идеи Эйнштейна о единстве пространства, времени и материи, связь периодического закона с закономерностями биологической миграции атомов, идеи квантовой механики об отличии в характере движения макрообъектов и микрообъектов. Биологи называют Вернадского биологом и ставят его в один ряд с Дарвином и Павловым, географы называют его создателем современной географии, геологи — создателем геологии... Практические работы в области агрохимии, биохимии, физиологии в настоящее время могут быть правильно истолкованы только в свете идей Вернадского. Казалось, для Вернадского не существовало деления науки на отдельные отрасли. Он полагал, что дробление

ее на отдельные дисциплины — процесс относительный, хотя и необходимый в развитии науки: он разлагает сложную задачу на более простые, их решением занимаются отдельные отрасли. Высшая же задача науки — создание и развитие научного мировоззрения, построение единой картины мира. Единство научного знания абсолютно и непреходяще. Каждый человек должен быть знаком с общими выводами науки, должен уметь связывать их и применять общие выводы в практической жизни, для развития отрасли науки, им излюбленной.

Выше мы говорили о достижениях научной мысли в XX столетии. Они огромны по сравнению с развитием науки в предыдущих веках. Вернадский считает, что этот взрыв научной мысли подготовлен всем прошлым биосферы и имеет глубокие корни в ее строении. Знание законов природы и убеждение в их безграничном действии обусловливают оптимистический взгляд ученого на развитие человечества. Послушайте, как современно звучат его слова, сказанные перед второй мировой войной: «Цивилизация культурного человечества — поскольку она является формой организации новой геологической силы, создавшейся в биосфере,— не может прерваться и уничтожиться, так как это есть большое природное явление, отвечающее исторически, вернее геологически, сложившейся организованности биосферы. Образуя ноосферу, она всеми корнями связывается с этой земной оболочкой, чего раньше в истории человечества в сколько-нибудь сравнимой мере не было... Реальная обстановка в наше бурное и кровавое время не может дать развиться и победить силам варваризации, которые сейчас как будто выступают на видное место. Все страхи и рассуждения обывателей... о возможности гибели цивилизации связаны с недооценкой силы и глубины геологического процесса, каким является происходящий ныне, нами переживаемый, переход биосферы в ноосферу»[1] (ноосфера — от греч. «ноос» — разум — характеризует новый этап развития биосферы).

Пусть сколько угодно беснуются сторонники нагнетания напряженности, размахивают ядерным оружием — они вне законов природы. В соответствии с законами природы люди будут развивать науку, увеличивать устойчивость биосферы, множить ее красоту.

Каким же был этот выдающийся ученый, человек разносторонних знаний, обладающий большой властью над умами? О ком еще из ученых можно прочитать такие слова, которые записаны в дневнике Пришвина: «Я всегда чувствовал смутно вне себя эту ритмику мирового дыхания, и потому научная книжка Вернадского «Биосфера»... читалась мною теперь, как в детстве авантюрный роман». А Мариэтта Шагинян рассказывала, что, прочитав при помощи лупы за два дня статью Вернадского «Правизна и

[1] Мочалов И. И. Владимир Иванович Вернадский.— М.: Наука, 1982, с. 295.

левизна», она подумала: «Слепота помогает ценить настоящее и оберегает от ненужного и лишнего».

Нам интересно знать, как сформировался «феномен» Вернадского, может ли он быть повторен.

В детстве Володя очень любил чудесное, фантастическое; он рано начал читать. «Читал много, с жадностью, все, что попадалось под руку» — так пишет сам о себе Вернадский в «Страницах автобиографии». Выберем несколько строк из этой книги: «Я хорошо писал сочинения, был для своего возраста очень начитан, много самостоятельно думал, интересовался науками историческими, естественноисторическими и философскими... Я любил всегда небо, звезды... В моей фантазии бродили кометы через бесконечное мировое пространство; падающие звезды оживлялись; я не мирился с безжизненностью Луны и населял ее целым роем существ, созданных моим воображением».

А теперь возьмем книгу Вернадского «Биосфера» и посмотрим хотя бы первую страницу. Первое, что нам бросается в глаза,— эпиграф:

Невозмутимый строй во всем.
Созвучье полное в природе...

Наверное, эти тютчевские строки долго звучали в сознании Вернадского, прежде чем его мысли оформились в учение о биосфере.

Биосфера — это мир, который нас окружает,— леса, луга, озера, реки, воздух; это природа, в которой мы живем вместе с братьями нашими меньшими, которых около 2 млн. видов. Что же нам дали наши школьные знания по физике, химии, биологии, географии, астрономии, чтобы мы видели, понимали «черты единого связанного механизма в кажущейся хаотической картине природы»?

Мы можем сказать, что биосфера — геологическая оболочка, населенная живыми организмами, открытая саморегулирующаяся система, функционирование которой обусловливается притоком космической (главным образом солнечной) энергии, наличием воды в трех агрегатных состояниях, широким развитием низкотемпературных реакций, протекающих в водной среде и во многом регулируемых ферментами. Биосфера во внешней части создает газовую оболочку, соприкасающуюся с Вселенной, а внутри планеты — оболочки осадочных пород. Да, жидкое и твердое топливо, которое мы добываем из недр Земли, кремнистые, железистые, марганцевые и другие породы образовались благодаря дыханию, питанию, жизни и смерти живших когда-то организмов. Они «законсервировали» солнечные лучи, «запасли» для нас полезные ископаемые. Вследствие жизнедеятельности организмов происходит непрерывный круговорот в биосфере, только лишь некоторые вещества выпадают из него в осадочные породы, образуя так называемые «былые биосферы».

Каковы функции различных видов организмов в этом гигантском круговороте веществ (рис. 31)?

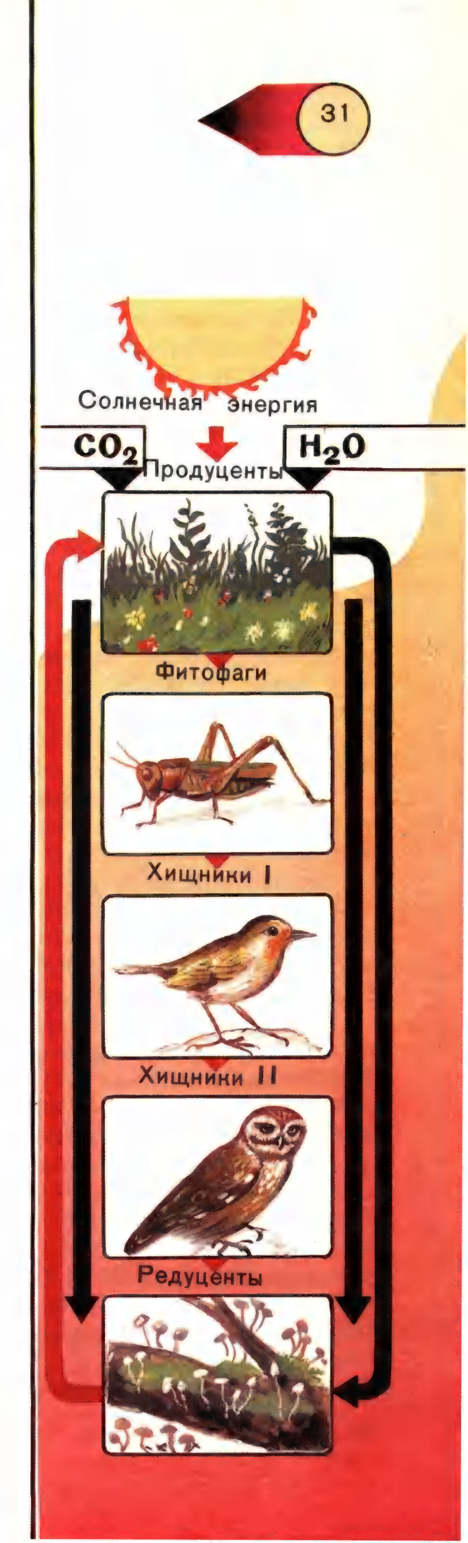
Растения при помощи солнечной энергии создают органические вещества — «строительный материал» — для всех живых веществ. Их биосферная функция конструктивная. Грибы разлагают отмершие организмы и подготавливают вещества для использования их снова живыми организмами.

А какова функция животных? Зачем птицы, рыбы, звери и мы с вами? Зачем их так много — 1,3 млн. видов? А кто же будет расселять растения, регулировать их численность, перемещать живое вещество против направления стока, завоевывать все новые и новые области для жизни? В небесах, океанах, в пустынях, на полярных полюсах...

Без животных жизнь не отошла бы от водоемов. Многоклеточные животные — это транспорт биосферы, ее «регулирующее и оздоровительное устройство». Среди них нет никого лишнего или незначительного: биосфера — тонко сбалансированная система.

Сравним процессы в неживой природе, которые мы рассматривали в предыдущих главах книги, с процессами, связанными с жизнедеятельностью живого вещества в биосфере.

В неживой природе каждая замкнутая система сама по себе приходит в равновесное состояние: реки текут к морю, камни скатываются с гор, выравниваются вследствие диффузии концентрации веществ и т. д. Равновесное состояние макросистемы — это прекращение в ней макропроцессов.



Живые организмы «выводят из равновесия» неживую природу. Они способны выполнять работу против силы тяжести, переносить вещество против направления стока; между средой и каждым организмом происходит непрерывный обмен веществ, и поэтому в каждый данный момент времени различные точки среды вследствие присутствия в ней организма отличаются друг от друга по физико-химическому составу, диффузия не может устранить это отличие, пока в среде существует живой организм.

Только живые организмы способны улавливать рассеянную в окружающем пространстве энергию электромагнитного поля, «консервировать» ее в виде внутренней энергии веществ. Если в неживой природе непрерывно происходит процесс диффузии — выравнивания концентраций веществ, то живое вещество способно концентрировать элементы из весьма разбавленных растворов. Например, концентрация урана в гуано, накопленном на океанском побережье Перу, в 10 тыс. раз выше, чем в морской воде.

Живое вещество постоянно нарушает равновесие, которое без него установилось бы в природе. Насколько замедлилось бы движение материи, если бы наша планета стала безжизненной! Если мы теперь вспомним выражение из учебника обществоведения о том, что движение — способ существования материи, то поймем мысль Вернадского о закономерном возникновении жизни, о том, что это космический процесс. Мы вспомним и о том, что в живом веществе реакции идут в тысячи, а иногда и в миллионы раз быстрее, чем в неживой природе... Движение — способ существования материи...

Мы поймем, почему живое вещество везде, где только существуют физико-химические условия для жизни, упорно завоевывает все новые и новые области для своего бытия. Главные из таких условий — наличие влаги, обеспечивающей нормальный ход ферментативных процессов; благоприятный температурный режим (при слишком высоких температурах будет свертываться белок, а при низких прекратится работа ферментов); достаточное количество кислорода и углекислого газа.

Первопроходцами при завоевании жизненных пространств являются прокариоты — самые примитивные организмы — у них даже нет ядра. Они могут существовать без кислорода в атмосфере и без азота в почве, а также при отрицательных температурах. Прокариоты подготавливают почву для более развитых организмов. Почему же, если они так жизнеспособны, в процессе эволюции возникли более сложные и более «нежные» организмы? Наверное, потому что последние в большей мере, чем простейшие, способствуют миграции атомов в биосфере, увеличению скорости обмена веществ в ней.

Так, появление скелетных форм водных беспозвоночных усилило миграцию атомов кальция, а скелета позвоночных — миграцию атомов фосфора и т. д. Ферменты резко усилили скорость химических реакций в живом веществе, но чем интенсивнее происходят

реакции в живом веществе, тем интенсивнее миграция (передвижение) атомов в биосфере и тем быстрее и в большем количестве усваивается энергия, поступающая из космоса. Эволюция биосферы происходила в направлении увеличения ее «КПД» — степени усвоения космической энергии и превращения ее в другие виды. Особенно он увеличился благодаря появлению человека. А как возросла при этом миграция атомов! Если в глубокой древности человек добывал 19 элементов, то в настоящее время он получает в свободном состоянии все химические элементы. Он разлагает устойчивые соединения, добывает уголь, создает металлы и неведомые природе соединения... Он преобразует лик планеты...

Как он прекрасен, лик нашей колыбели! Эта красота создается разнообразием живой природы. Деревья, травы, птицы и звери, рыбы и насекомые... Французский энтомолог Жан Фабр прожил долгую жизнь — 92 года, но и этой жизни ему не хватило, чтобы увидеть всех насекомых...

Зачем биосфере такое многообразие? Саморегулирующейся системе оно необходимо. Чем больше ее внутреннее разнообразие, тем больше ее устойчивость для блокирования внешних и внутренних возмущений.

Почему же возникло это удивительное разнообразие живых существ в биосфере? Оно во многом обусловлено разнообразием природных и климатических условий в различных областях географической оболочки Земли. Климат в переводе с греческого означает наклон. Уже древним грекам было известно, что система устойчивых физических закономерностей в земной атмосфере, обусловливающих характерные для данной местности и повторяющиеся из года в год определенные типы погоды, зависит от угла падения (наклона) солнечных лучей на земную поверхность. Разнообразие природных условий нашей планеты во многом обусловливается ее шарообразной формой и наклоном оси вращения Земли к плоскости земной орбиты, потому что от этих факторов зависит угол падения солнечных лучей на земную поверхность при положениях Земли в различных точках ее орбиты. На природные условия влияет также и геологический фактор.

Рельеф Земли не остается постоянным. Горообразование, наступление моря на сушу и его обратное движение, извержение вулканов — этими событиями полна история Земли. Интересно, что интенсивность тектонических процессов, изменение климата Земли связаны с движением Земли в Галактике. С ним же связаны и этапы в развитии органического мира, поскольку эволюция в живой природе зависит от изменения структуры рельефа планеты и ее климата.

Орбита Солнечной системы в Галактике имеет форму эллипса. Согласно второму закону Кеплера небесные тела по эллиптическим орбитам движутся неравномерно. Скорость движения Солнечной системы в наиболее удаленных друг от друга точках орбиты вокруг центра Галактики изменяется приблизительно на

± 90 км/с. Из закона взаимосвязи массы и энергии Эйнштейна нам известно, что изменение скорости тела приводит к изменению его массы. Вследствие изменения массы Земли изменяется сила тяжести и перераспределяется внутри Земли в течение космического года — времени обращения Солнца вокруг центра Галактики. Перераспределение силы тяжести внутри тела планеты от максимального значения через минимальное и снова к максимальному вызывает перемещение вещества, которое обусловливает горообразование, излияние лавы — тектоническую деятельность планеты. Это объяснение, конечно только в общих чертах может дать представление о том, почему изменение рельефа Земли, эволюция видов в биосфере зависят от движения Земли в пространстве и времени.

Многообразие живых существ обусловлено не только разнообразием внешней среды, но и многообразием структуры живого вещества на молекулярном уровне. Если мы обратимся к поэлементному анализу живого вещества, то придем к выводу, что самым важным элементом на Земле в этом смысле является углерод. Не потому, что его много в земной коре — его всего лишь 0,055%,— а потому, что он необходим для жизни. Все биологически функциональные вещества, за исключением воды и некоторых солей, содержат углерод: белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты, гормоны, витамины, порфирины. Бесконечное число соединений углерода обусловлено тем, что его атомы благодаря их строению способны соединяться друг с другом ординарными, двойными, тройными связями, образуя какие угодно сложные фигуры. Эти соединения не могут существовать при температурах более высоких по сравнению с земными, а при более низких они не смогли бы образовываться. Кроме углерода, молекулы живого вещества содержат водород, кислород и азот. Самые главные «живые» молекулы — белки — построены в основном из этих четырех элементов. В состав многих белков входят также атомы серы, есть белки, в состав которых входят атомы железа. Каждый организм содержит огромное число различных белков; причем каждому виду присущи свои особенные, свойственные только ему белки.

Мы назвали только несколько «главных» элементов, которые входят в состав молекул живого вещества. Известно, что из 109 элементов таблицы Менделеева в клетках обнаружено их около 60. Каждый из них необходим для нормальной жизнедеятельности организма. Где и как образовались известные в настоящее время элементы? На первую часть вопроса мы можем ответить более или менее точно: они образовались во Вселенной. А вот как? Чтобы ответить на этот вопрос, надо знать, как возникла Солнечная система. А на этот счет пока имеются только гипотезы.

Атомы элементов, по-видимому, стали образовываться во время звездной стадии развития материи. В зарождающейся звезде вследствие ее сжатия температура повысилась до 10^7 K, при этих условиях происходит взаимодействие ядер водорода, в результате чего из четырех протонов образуется ядро гелия. Этот процесс

приводит к дальнейшему повышению температуры звезды. Возросшее давление расширяющегося газа останавливает сжатие звезды. Благодаря высокой температуре в недрах звезд создаются условия для образования из трех ядер гелия ядра углерода. Углерод, соединяясь с ядрами гелия, водорода или нейтронами, возникающими при реакциях ядерного взаимодействия, образует еще более тяжелые ядра. Наиболее устойчивыми являются ядра, близкие по массе к ядру железа. Ядра наиболее тяжелых элементов появились незадолго до образования планет.

Ученые допускают, что ядерная эволюция вещества Солнца и вещества планет шла одним путем до определенного этапа развития, который наступил примерно 4,6 млрд. лет назад. В этот период массивная звезда, прародительница Солнечной системы, разделилась на первичное Солнце и околосолнечное вещество. Вокруг Солнца, в пространстве, близком к плоскости экватора, возникла дискообразная газовая туманность. Ее охлаждение сопровождалось процессами, приведшими к образованию различных соединений.

Формирование планет происходило как бы в два этапа. На первом этапе произошло охлаждение газового облака и конденсация его вещества в капли и частицы — возникла газопылевая туманность. Так как ее участки, удаленные от Солнца на разные расстояния, остывали по-разному, то она приобрела химическую неоднородность, отразившуюся на составе планет. Вблизи Солнца протопланетное вещество остывало медленно, дальше от него быстрее. Поэтому вблизи Солнца первыми конденсировались наиболее тугоплавкие вещества. В интервале температур 1300—1200 К происходила конденсация железа и никеля, при дальнейшем остывании облака начинали конденсироваться силикаты марганца и соединения серы, затем олово, серебро, позже — соли свинца и оксиды железа. Когда температура облака стала почти такой, какую имеет Земля в настоящее время, стали конденсироваться более крупные молекулы, вода. Легкие газы были отброшены солнечным светом в краевые части туманности, где образовались внешние планеты, имеющие мощные атмосферы, состоящие в основном из водорода и гелия.

То, что космическое вещество находилось в дисперсном состоянии, имело большое значение для протекания различных химических реакций, для образования разнородных химических соединений. На поверхности космических пылинок протекали химические, фотохимические, радиационно-химические процессы; пылинки становились носителями элементов и их соединений, последние вошли в состав молодых планет.

Протопланетное облако, медленно вращаясь, делалось все более плоским, плотность его вещества увеличивалась, и вследствие механической неустойчивости облако разделилось на группы тел размером около 10 км, называемых микропланетами. Микропланеты в результате повторяющихся столкновений друг с другом

сливались, разрастаясь до планет. Так начался второй этап образования планет.

Внутренние планеты создавались преимущественно из вещества, обогащенного железом, они имеют массивные металлические ядра. Можно предположить, что объединение железоникелевых частиц, давших начало ядрам внутренних планет, началось раньше, чем частиц, состоящих из других веществ, так как в сильном магнитном поле первичного Солнца они должны были сильно намагничиваться и притягиваться друг к другу.

Итак, ученые допускают, что вначале образовалось металлическое ядро нашей планеты, затем на него осаждались силикаты и другие химические соединения, далее — гидратированные силикаты и более летучие вещества.

При значительном увеличении массы начинают проявляться химические свойства планетного вещества. Образование воды в недрах планеты и контакт ее с другими соединениями первичного вещества приводит к процессам гидролиза, которые ведут к образованию новых веществ минерального происхождения: аммиака, метана, оксида углерода (IV) и др. Недра остывающей новорожденной планеты начинают разогреваться вследствие выделения энергии при распаде радиоактивных элементов, что приводит к избирательному плавлению вещества планеты, которое утрачивает свою однородность.

В планете образуются зоны и сферы: металлы образуют ядро, оксиды металлов — мантию и кору, вода — гидросферу, метан, аммиак, оксид углерода (IV) — атмосферу.

Земля предстает перед нами, на 70,8% покрытая морями и океанами, 29,2% ее поверхности занимает суша. Возникшее распределение материков и океанов сохранилось в разные геологические эпохи, при этом материки не погружались, а перемещались. Почему площадь поверхности воды на нашей планете больше, чем суши? Наверное, при таком соотношении эти структуры уравновешивают друг друга. Материки и океаны расположены так не случайно, в условиях вращения такое расположение диктовалось законом всемирного тяготения. «Лик» же планеты во многом определяется жизнью. Страшно даже представить нашу планету безжизненной. Жизнь на протяжении миллионов лет создавала всю ту красоту, которую мы привыкли считать естественной. Так, для нас естественно дышать чистым воздухом, мы задыхаемся в загазованной среде и только тогда вспоминаем, что вокруг нас воздух. А ведь атмосфера стала приемлемой для жизни в процессе жизнедеятельности организмов и сейчас ими же регулируется ее состав. Они же создали озоновый экран, поглощающий губительные для жизни ультрафиолетовые лучи. Жизнь «регулирует» солевой состав воды в морях и океанах. Так, реки в Мировой океан ежегодно приносят 1,5 млн. т карбоната кальция, но живые организмы используют эти карбонаты для построения скелетов, которые после их смерти осаждаются на дно.

Для того чтобы так продолжалось всегда, почва, океан должны быть живыми. Мы же все чаще слышим слово «загрязнение», оно как синоним смерти. Кто загрязняет? Против кого поднимают голос миллиарды жителей Земли? Ведь человек в своей деятельности всегда должен стремиться к лучшему. Но, к сожалению, часто не зная законов природы или не соблюдая их, он обращает свою деятельность во зло. Одно из таких зол — загрязнение морей и океанов. Начинается оно с отравления рек, сброса в них промышленных сточных вод. Потребление воды растет бурными темпами. Когда люди носили воду из колодцев, на человека расходовалось 12—30 л воды в сутки, сейчас же расходуется 150—200 л ежедневно. Промышленность же вообще ненасытна. Так, для промывки 1 т синтетических волокон необходимо 2500—3500 т воды. Использованная вода возвращается в реки и озера загрязненной, мертвые реки вливаются в океан и убивают все живое в нем. Кроме того, в моря и океаны сбрасываются отходы грузовых судов, выливается нефть при авариях танкеров. А ведь согласно законам природы человек должен усиливать устойчивость биосферы своей деятельностью.

Чтобы жить в согласии с природой (а только такая жизнь и может быть счастливой, потому что она проходит без внутреннего разлада человека с самим собой), человек должен подчиняться единым и неизбежным для всей природы законам. Согласно им наши органы чувств, наше сознание от каждого объекта окружающего мира, от каждого живого существа получают какие-то сигналы; существует и обратная связь. Прибегнув к образному языку, можно сказать, что от всех окружающих нас живых существ доходит весть о том, что в этом мире все друг с другом связаны, что нельзя, причинив вред кому-то, не причинить вреда всему живому, в том числе и себе. Наверное, это и есть наша совесть. Это она заставляет нас приютить бездомного котенка или щенка, это она в удивлении останавливает нас перед травой, пробивающейся сквозь асфальт... Она тянет нас к родным местам... Она же руководит туземцем из племени кенийских кикуйю, когда благословение сына он заканчивает словами: «Будь любим живущим». Она помогла Паскалю прийти к выводу, что «все тела, небесная твердь, звезды, земля и ее царства не стоят самого ничтожного из умов, ибо он знает все это и самого себя, а тела́ не знают ничего. Но все тела, вместе взятые, и все умы, вместе взятые, и все, что они сотворили, не стоят единого порыва милосердия—это явление несравненно более высокого порядка». О ней Пушкин сказал прекрасные слова: «Жалок тот, в ком совесть не чиста».

Но почему же все-таки есть бессовестные люди? Человеческим обществом управляют статистические законы, формирование отдельной личности зависит от многих случайных событий; закон, по которому живет общество, в каждый момент времени не управляет судьбой отдельного индивидуума. Но наше социалистическое общество стремится поднять до уровня нравственного идеала каждого своего члена. Вы иногда видите, как воспитывают

учителя «трудных» детей. Учитель обращается к такому ученику, как к глухому или слепому. Вам даже может показаться, что учитель уж слишком с ним возится, но он так не считает. Если вдуматься — этот ученик отделен от окружающего нас мира более плотной стеной, чем люди, лишенные слуха и зрения,— к нему не доходит весть из окружающего мира. Такой человек способен причинить зло. И поэтому учитель, спасая его от него же самого, действуя словом, «просверливает в стене», отделяющей его от мира, «ходы» и верит, что можно пробудить у него совесть. А если это произойдет не сразу, что же — ведь жизнь кончается не завтра. Учитель терпелив, это необходимо в его профессии. Многими своими качествами, чувствами, чертами характера, которые и делают тебя личностью, ты обязан учителю.

Одним из таких чувств, определяющих сущность отношения человека к миру, является чувство Родины. Учитель тебе рассказал, как прекрасна и могущественна та страна, в которой ты живешь. Ты узнал, что самые замечательные песни, музыка, стихи родились благодаря чувству Родины и они о Родине. Поэт отличается от всех остальных людей тем, что он в большей мере, чем они, связан с окружающим миром. Он так глубоко чувствует, ощущает окружающий мир, что в одной фразе отражает то, что для своего доказательства требует многословных научных доводов. Так, если бы мы научно попытались объяснить ущербность поведения человека, которому незнакомо чувство Родины, мы бы вспомнили учение Вернадского о биосфере, о том, что человек плотью и мыслью своей связан с той землей, которая родила его, и если эти связи у него отсутствуют, то он не может быть счастливым. Поэт об этом говорит кратко: «Забудешь край родной — иссушится твой корень» (Павло Тычина). Без Родины ты как сухое дерево, не живущее само и не дающее потомства...

Если уж мы вспомнили о счастье, то поговорим о нем с точки зрения наших знаний о законах природы. «Биосфера» Вернадского была очень близка Пришвину. Может быть, потому то определение счастья, которое он дает, кажется очень емким, если рассматривать человека как часть биосферы: «Счастье — это когда хомут приходится по шее». Не может быть настоящего счастья без любимого дела. Без труда, без работы нет смысла жизни. Действительно, простейшие существа «трудятся» день и ночь, завоевывая для жизни все новые пространства; бактерии, грибы, лишайники ведут с горными породами настоящую химическую войну, воздействуя на них растворами кислот, буквально размельчают их, чтобы создать почву для более высокоорганизованных организмов; каждый листик, каждая былинка начинает свою работу с первым лучом Солнца и с последним заканчивает, создавая условия для дыхания и питания организмов на Земле. Неужели же ты, человек, венец эволюции биосферы, можешь жить без труда или даже помыслить об этом? Труд — твоя естественная обязанность и твое право. Конечно, всегда можно указать на таких «людей», которые

умудряются жить за чужой счет, без всякого труда. Но ведь они только по виду люди. Вспомните жабу и ее сынка из сказки Андерсена «Дюймовочка»: «Вот поели, теперь можно и поспать... Вот поспали, теперь можно и поесть...» Неужели нормальный человек выберет себе такую «судьбу»? Вспомните, как мучались превращенные в зверей персонажи сказок — так народ учил, что только человеческой судьбой человек может быть счастлив. А мы прибавим: когда он выполняет свою функцию в согласии с природой — творчески трудится, развивает научную мысль, превращает биосферу в ноосферу. К своему счастью надо тщательно готовиться в детстве — учиться и учиться. Изучать не только любимые предметы — все, чем ты занимаешься в школе, пригодится тебе. В нашей стране каждый имеет право на образование. Это одно из величайших достижений социалистического общества, оно позволяет каждому его члену строить свою жизнь в согласии с природой. С эволюцией биосферы стремление человека к науке станет такой же физиологической потребностью, как сон, утоление голода или жажды, лишить человека возможности учиться — значит лишить его важнейшей жизненной потребности. Но некоторые нерадивые ученики сами себя лишают ее и даже находят этому какое-то оправдание, вроде того, что «грамм здоровья дороже, чем тонна знаний».

Знания никак не могут противоречить здоровью. Человек, увлеченный творческой умственной деятельностью, любимым трудом, обладает большей жизнестойкостью, чем равнодушный ко всему,— ведь первый с точки зрения биосферной функции человека необходим природе и природа должна его как бы сохранять. В связи с этим мне вспоминается один незначительный случай. Как-то мне пришлось ранним утром на окраине Киева ожидать автобус. На остановке мы были вдвоем со стариком, по виду колхозником. Мимо нас то и дело пробегали «бегуны». Провожая очередную группу бегущих «за здоровьем», старик покивал головой: «Главное — иметь цель для души. А она найдет, как оздоровить тело...» Смысл слов старого человека до меня дошел по-настоящему, когда я познакомилась с жизнью и идеями В. И. Вернадского.

История науки знает множество примеров, когда цель всей жизни не препятствовала, а по-видимому, даже способствовала ее продолжительности. Так, Вернадский во время гражданской войны заболел туберкулезом и даже не узнал об этом — туберкулез залечился сам, врачи только впоследствии обнаружили его следы. Макс Планк жил до 90 лет, хотя ему многое пришлось пережить — первая мировая война унесла его сына и двух дочерей, в 1945 г. за участие в антифашистском заговоре был казнен старший сын.

Где-то я прочитала, что «теория» означает высшее празднество. Может быть, это не точное значение этого слова, мне не удалось найти подтверждения этого перевода, но все равно кто-то хорошо сказал — «высшее празднество». Тот, кто создал хоть раз какую-то теорию — неважно, чего она касается: решения уравнений,

выращивания огурцов или вождения автомобиля,— тот почувствовал себя на празднике, с которым не сравнится никакое застолье. И человек потом всегда будет стремиться к нему.

Наверное, вы слышали выражение «звездный час». Например, у С. Цвейга есть исторические миниатюры под названием «Звездные часы человечества». В них речь идет о моментах наивысшего напряжения творческих или духовных сил лучших представителей человечества. Когда человек в таком состоянии, он чувствует себя сродни звездам, неотъемлемым звеном единого космического процесса...

Наверное, нам уже пора отдохнуть. Куда бы нам совершить прогулку?

Скажи мне, все дороги исходивший,
Куда теперь ты, странник, держишь путь?
Не замедляя шаг, он поднял посох
И молча мне на небо указал.

Чон Чхоль

Да, под звездное небо, которое так любил Вернадский... В звездном свете яркие краски окружающего мира стали однотонными, они не отвлекают нас и мы можем подытожить и вспомнить то, что мы знаем об окружающем нас мире. Представьте, что вас об этом спросил первоклассник. Как бы вы ему ответили? Наверное, воспользовались бы той же картинкой, которую нарисовал своим ученикам Зенон, когда они его спросили, почему он долго думает, прежде чем ответить на вопрос, а им ответ на этот вопрос сразу кажется простым и ясным без долгого обдумывания. Зенон нарисовал на песке две концентрические окружности и сказал: «Окружность меньшего радиуса изображает знания, которые вы имеете, большего — которые я имею. А весь этот песок до самого горизонта можно сравнить со знаниями, которые еще не известны никому. У вас знаний меньше, но и граница знания и незнания также меньше, поэтому вы меньше сомневаетесь, прежде чем ответить на вопрос...» Вы тоже изобразите первокласснику кругом меньшего диаметра знания, которые есть у вас, кругом большего диаметра — знания, которые имеют учителя и ученые, а вся остальная площадь вокруг будет символом знаний будущих поколений. Пусть первоклассник поймет, как много надо учиться, чтобы узнать хоть немного о мире...

А все же, как же развивались знания о мире? Для античных философов мир был подобен целостному организму, за многообразием его проявлений они видели некое упорядоченное начало. Слово «космос», вошедшее в науку того времени, означало «упорядоченность».

В механической картине мира совершенно другие взгляды на Вселенную — она представляется как механическое соединение частей. Законы механики формулируются для изолированных тел или систем (вспомните законы сохранения импульса, энергии,

третий закон Ньютона). Наука предполагает существование объекта самого по себе, не испытывающего влияния со стороны остального мира.

Для нашего времени характерно проникновение в науку идеи всеобщей связи явлений. Мир, как и в древние времена,— это единое органическое целое. Только теперь такое представление базируется не на интуиции или наглядных умозаключениях, а на научных теориях. В естествознание чувство единства мира принесли идеи Вернадского, квантовая механика, теория относительности Эйнштейна. Во время утверждения в науке этих идей и теорий А. Л. Чижевский писал: «Теперь мы можем сказать, что в науках о природе идея о единстве и связанности всех явлений в мире и чувство мира как неделимого целого никогда не достигали той ясности и глубины, какой они мало-помалу достигают в наши дни».

Литература

Ахиезер А. И., Рекало М. П. Современная физическая картина мира.— М.: Знание, 1980.
Баландин Р. К. Вернадский: жизнь, мысль, бессмертие.— М.: Знание, 1979.
Каройхази Ф. Истинное волшебство.— М.: Атомиздат, 1980.
Голованов Л. В. Созвучье полное в природе.— М.: Мысль, 1977.
Марков А. А. О природе материи.— М.: Наука, 1976.
Страницы автобиографии Вернадского.— М.: Наука, 1981.
Шредингер Э. Что такое жизнь? — М.: Атомиздат, 1972.
Озима Минору. История Земли.— М.: Знание, 1983.
Чижевский А. Л., Шишина Ю. Г. В ритме Солнца.— М.: Наука, 1969.
Лапо А. В. Следы былых биосфер.— М.: Знание, 1979.



Вместо послесловия

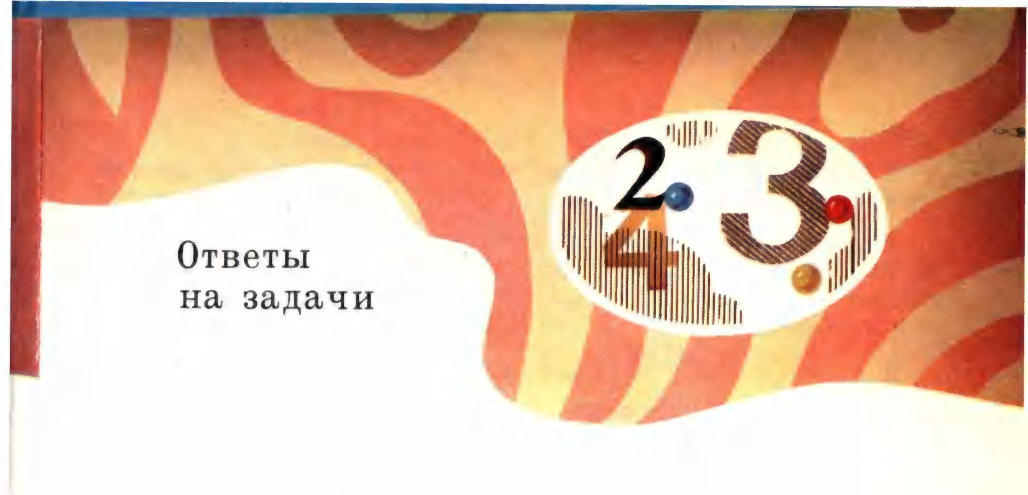
Вот и последняя страница книги, дорогие читатели. Вы, конечно, понимаете, что это далеко не все перекрестки физики, химии и биологии, находясь на которых можно познавать мир природы и объяснять происходящие процессы и явления; не все перекрестки, на которых уже побывали люди, проникающие в мир природы и накапливающие знания о ней для последующих поколений. Нет возможности охватить их все. Но я думаю, что такой необходимости и нет.

Книга, на мой взгляд, должна дать не столько знания, сколько ощущение безграничности знаний, пробудить ум и воображение читателя, чтобы он мог самостоятельно заполнить пусто́ты в знаниях о мире и его видении, подняться до возможно большей общности знаний.

Представим себя на берегу озера, где мы впервые встретились. Идет летний дождь. Послушаем его шум, посмотрим на круги, образуемые каплями дождя на поверхности воды. Мириады капель падают на воду... И каждая выполняет «свое предназначение» так, как будто других капель нет рядом — круги расходятся от каждой капли, не мешая друг другу. Принцип независимости сил, принцип независимости волнового движения... Как приятно наблюдать, что никто никому не может помешать выполнять его работу...

Не то, что мните вы, природа,
Не слепок, не бездушный лик.
В ней есть душа, в ней есть свобода,
В ней есть любовь, в ней есть язык.

Ф. Тютчев



Ответы на задачи

К с. 28—29.

2. Колебания температуры воздуха проявляются над землей в меньшей степени. Густой клеточный сок, в котором много сахара, замерзает при более низкой температуре, чем вода. Вследствие этого растения легче переносят внезапные заморозки.

3. В воде пойменных озер мало кислорода, поэтому рыба приспособилась получать кислород из воздуха.

4. Не смачивает.

5. Диффузия.

6. Температура над влажной почвой меняется медленнее.

9. Для этого необходимо определить точку росы. Если точка росы лежит выше нуля, то заморозка не будет.

14. Налить в ступку воды.

К с. 46.

1. Скорость молекул угарного газа больше, чем скорость молекул кислорода, так как при одинаковой температуре их средние кинетические энергии равны, а масса молекул кислорода больше, чем масса молекул угарного газа.

2. Растворение соли и диффузия ионов; гидратация ионов.

3. Молекулы аммиака имеют меньшую массу, чем молекулы хлороводорода, поэтому скорость диффузии их больше и через воздух они проникают быстрее. Реакция же протекает вблизи ватки, смоченной соляной кислотой.

4. В капле воды ионы карбоната натрия и кислоты диффундируют. Скорость диффузии тех и других почти одинакова. Встречаются они приблизительно в средней части капли, где и происходит реакция.

К с. 57

1. Изображение получается вследствие осаждения меди при проявлении «фотопластинки».

2. Под действием квантов света хлорид железа (II) реагирует со щавелевой кислотой: двухвалентное железо при реакции с кровяной солью образует соединение синего цвета (берлинскую лазурь).

К с. 72.

1. В основу классификации элементов Д. И. Менделеев положил массу атомов. Это можно объяснить тем, что строение атома тогда еще не было известно, основной характеристикой частиц согласно представлениям механической картины мира считалась масса атомов.

2. Энергию ионизации атомов.

5. Д. И. Менделеев использовал знания о физических и химических свойствах элементов, занимающих соседние места в периодической таблице.

К с. 82.

2. Законы сохранения массы вещества и энергии. Например, при переходе воды массой 1 кг в лед выделяется определенное количество теплоты. Масса каждой молекулы при этом не меняется, число же молекул в воде и льде при одной и той же массе (1 кг) одинаково. Поэтому энергия, которая выделяется при образовании связей между молекулами, равна той энергии, которую надо затратить, чтобы эти связи разрушить.

К с. 92.

1. Снег действительно может быть причиной пожара. В данном случае у стен дома были ямы с негашеной известью. Под действием воды, которая образовалась из снега, началась экзотермическая реакция образования гашеной извести. При этом выделилось такое большое количество теплоты, что начался пожар.

2. В процессе жизнедеятельности куколок и личинок выделяется энергия. Чем больше численность семьи, тем выше температура в центре улья, тем значительнее разность температур между центром улья и его краями.

3. При испарении воды температура в улье понижается, а влажность повышается.

4. Процессы жизнедеятельности куколок и личинок сопровождаются затратой энергии, которая выделяется при распаде молекул АТФ. Синтез молекул АТФ происходит за счет энергии, которая выделяется при окислении питательных веществ. При этом не вся

выделившаяся энергия превращается в энергию молекул АТФ, 45% ее переходит во внутреннюю энергию. Расплод пчелиного улья при своем развитии потребляет много питательных веществ, поэтому и энергии выделяется много.

5. Алый цвет венозной крови обусловлен тем, что в вены возвращается кровь, богатая кислородом. Это происходит потому, что в тропиках человек потребляет меньше кислорода — для поддержания процессов жизнедеятельности, нормальной температуры тела там нужно меньше энергии.

К с. 101.

1. Число электрических зарядов, которые проходят через сечение проводника в единицу времени в общей цепи, равно числу зарядов, которые проходят в единицу времени через сечение проводников параллельного разветвления.

2. При обмене ионами между почвенным раствором и частицами ионитов общий заряд системы раствор — иониты остается постоянным.

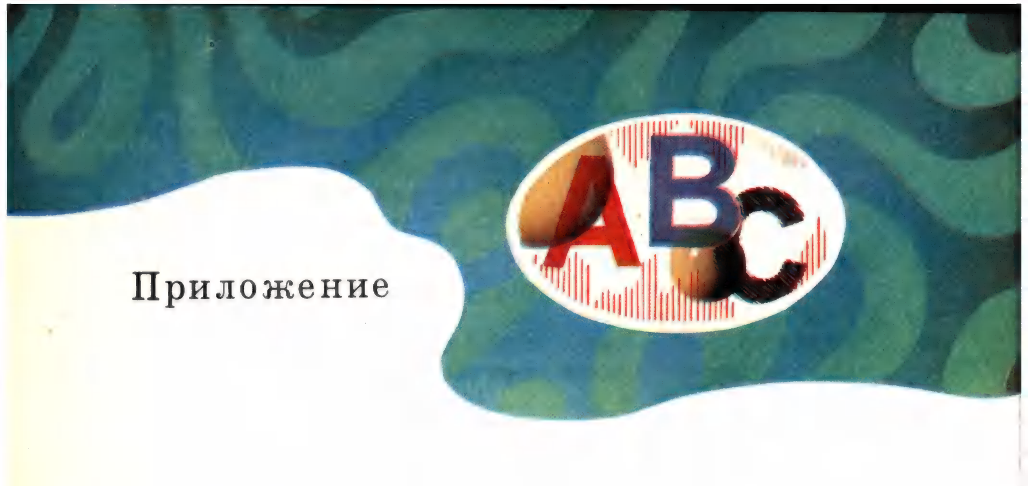
3. Источник тока «перекачивает» электрические заряды с одного конца электрической цепи в другой, на что затрачивается энергия. Алгебраическая сумма электрических зарядов в системе источник — цепь остается постоянной.

4. Вокруг проводника с током существует только магнитное поле, он электрически нейтрален, так как в каждой единице его объема алгебраическая сумма электрических зарядов остается неизменной: число ионов и свободных электронов одинаково.

5. В растворе при выпадении кристаллов в результате их трения о раствор на поверхности кристаллов образуются заряды. Накопление их и приводит к искровым разрядам. Чем ниже температура, тем меньше скорость движения частиц раствора, которые могут уносить заряды, притягивающиеся к разноименно заряженному кристаллу.

6. Цинк более активный металл, чем серебро. Он вытесняет ионы серебра из комплексных ионов раствора, кристаллики серебра оседают на цинковой пластине. Суммарный заряд цинковой пластины и раствора при этом остается постоянным:

$$Zn + 2Ag^{+} \rightarrow 2Ag + Zn^{2+}$$



Приложение

БЕРЦЕЛИУС ЙЕНС ЯКОБ (1779—1848) — шведский химик и минералог. Проводил электрохимические исследования, способствующие созданию теории строения вещества, выполнил химические анализы многих минералов; открыл ряд новых элементов, уточнил атомные массы почти всех открытых до него элементов. Берцелиус первый предложил химические символы, которыми пользуются во всем мире с тех пор. Им были введены в науку понятия катализа и катализатора. Берцелиус был энергичным популяризатором науки, автором многих учебников химии. Работоспособность его поразительна: он определил атомные массы 45 элементов, проанализировал и определил процентный состав 2000 соединений.

БЛЭК ДЖОЗЕФ (1728—1799) — шотландский физик и химик. Открыл углекислый газ, установил существование скрытой теплоты плавления и парообразования, ввел понятие удельной теплоемкости. Был избран почетным членом Петербургской академии наук.

БОЙЛЬ РОБЕРТ (1627—1691) — английский физик и химик, один из основателей Лондонского королевского общества. Бойль проводил эксперименты с воздушным насосом и барометром — так им был назван прибор для измерения атмосферного давления. В 1660 г. появилась первая работа Бойля «Новые эксперименты, касающиеся воздушной пружины» (сжимающийся воздух Бойль уподобляет воздушной пружине). Бойль дал первое научное определение химического элемента, ввел в химию эксперимент, положил начало химическому анализу, установил один из газовых законов (закон Бойля — Мариотта).

БОЛЬЦМАН ЛЮДВИГ (1844—1906) — австрийский физик, один из основателей статистической физики и физической кинетики. Он вывел закон, определяющий равновесное распределение частиц идеального газа по энергиям во внешнем силовом поле, и основное кинетическое уравнение газов; дал статистическое обоснование второго начала термодинамики; открыл закон теплового излучения.

БОР НИЛЬС (1885—1962) — датский физик, один из создателей современной физики. Свою первую работу, удостоенную Датским королевским научным обществом золотой медали, Бор написал в 21 год. В 1923 г. Бор опубликовал три работы, в которых изложил квантовую теорию водородоподобного атома. В Копенгагене им

создан Институт теоретической физики, который стал центром притяжения для крупнейших физиков-теоретиков нашего века. Бор — лауреат Нобелевской премии по физике (1922 г.), почетный член более 20 академий.

БРОЙЛЬ ЛУИ ДЕ (род. 1892) — французский физик, один из создателей квантовой механики. В докторской диссертации (1942 г.) выдвинул идею волновых свойств материи, согласно которой каждой частице, обладающей определенной массой и движущейся с определенной скоростью, соответствует волна определенной длины, зависящей от массы и скорости. Эта идея подтвердилась на опытах. Работы де Бройля относятся также к строению атомного ядра, распространению электромагнитных волн в волноводах, к методологическим вопросам науки. Де Бройль — лауреат Нобелевской премии (1929 г.), иностранный член АН СССР (1958 г.).

БЭР КАРЛ (1792—1876) — естествоиспытатель, основатель эмбриологии, один из учредителей Русского географического общества, академик Петербургской академии наук. В России работал с 1830 г. Открыл яйцеклетку у млекопитающих, описал стадию бластулы, изучил эмбриогенез цыпленка. Установил сходство эмбрионов высших и низших животных, описал развитие всех основных органов позвоночных. Исследовал Новую Землю, Каспийское море. Объяснил закономерность подмыва берегов рек.

ВЕРНАДСКИЙ ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ (1863—1945) — советский ученый, основатель геохимии, биогеохимии, радиогеологии, создатель научной школы, академик АН СССР. Вернадский — автор трудов по философии естествознания, науковедению. В его трудах заложены основы решения одной из важнейших проблем современности — проблемы окружающей среды.

ВИН ВИЛЬГЕЛЬМ (1864—1928) — немецкий физик. Фундаментальные труды Вина посвящены излучению абсолютно черного тела. В 1893 г. распространил понятия температуры и энтропии на тепловое излучение, показал, что максимум излучения в спектре абсолютно черного тела с увеличением температуры смещается в сторону коротких волн. В 1896 г. вывел закон распределения энергии в спектре черного тела. Эти два закона сыграли значительную роль в развитии квантовой теории. Лауреат Нобелевской премии (1911 г.).

ВОЛЬФ КАСПАР ФРИДРИХ (1734—1794) — один из основателей эмбриологии. По национальности немец, работал в России с 1766 г., академик Петербургской академии наук. Труд Вольфа «Теория генерации» сыграл большую роль в борьбе с преформизмом и метафизическими представлениями о неизменности видов, обосновании эпигенеза.

ГАЛИЛЕЙ ГАЛИЛЕО (1564—1642) — итальянский ученый, один из основателей точного естествознания, основоположник экспериментальной физики. Огромную роль в развитии физики и научной картины мира сыграли законы, открытые Галилеем (принцип относительности для механического прямолинейного и равномерного движения и закон постоянства ускорения свободного падения). Огромна роль астрономических открытий Галилея в защите учения Коперника, развитии научного мировоззрения. Инквизиция обвинила Галилея в ереси и заставила публично отречься от учения Коперника. После процесса в 1633 г. Галилей был объявлен «узником святой инквизиции», но до конца своих дней не прекращал научной деятельности.

ГАЛЛЕР АЛЬБРЕХТ ФОН (1708—1777) — швейцарский естествоиспытатель, врач и поэт, один из основоположников экспериментальной физиологии. Его труды посвящены анатомии, эмбриологии, ботанике, хирургии. Выступал против теории эпигенеза в защиту преформизма. Иностранный почетный член Петербургской академии наук.

ГАССЕНДИ ПЬЕР (1592—1655) — французский философ-материалист, математик и астроном. Пропагандировал атомистику и этику Эпикура. Физические исследования относятся к атомистике, акустике, оптике, механике. Один из основателей корпускулярной теории света. Первый определил скорость звука в воздухе.

ГЕЙЗЕНБЕРГ ВЕРНЕР (1901—1976) — немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой механики. Работы относятся к квантовой механике, квантовой электродинамике, теории ядра, магнетизму, физике космических лучей, теории элементарных частиц, философии естествознания. За работы по квантовой механике удостоен Нобелевской премии (1932 г.).

ГЕЙ-ЛЮССАК ЖОЗЕФ ЛУИ (1778—1850) — французский физик и химик, член Парижской академии наук, почетный член Петербургской академии наук. Открыл газовые законы, которые впоследствии были названы его именем, занимался изучением атмосферы. Доказал, что хлор, иод, калий и натрий являются химическими элементами, усовершенствовал технологию получения серной кислоты.

ГЕЛЬМГОЛЬЦ ГЕРМАН ЛЮДВИГ (1821—1894) — немецкий естествоиспытатель, член Берлинской академии наук. В области физики его исследования относятся к электродинамике, оптике, теплоте, акустике, гидродинамике. В 1847 г. в работе «О сохранении силы» сформулировал закон сохранения энергии и показал его общий характер. Разработал термодинамическую теорию химических процессов. Автор основополагающих трудов по физиологии слуха и зрения.

ГЕЛЬМОНТ ЯН БАПТИСТ ВАН (1579—1644) — голландский естествоиспытатель, доктор медицины. Один из основателей химии газов. Именно Гельмонт ввел термин «газ». Ставил опыты по изучению питания растений, к которым впервые подошел с количественной стороны.

ДАЛЬТОН ДЖОН (1766—1844) — английский химик и физик, создатель химического атомизма. Образование получил самостоятельно. Был учителем математики в Манчестере. Дальтон исследовал свойства водяного пара, открыл закон парциальных давлений. Установил, что атомы одного и того же химического элемента имеют одинаковые свойства, ввел понятие атомного веса (атомной массы) и составил первую таблицу атомных масс элементов. Первым описал дефект зрения, получивший позже название дальтонизма. Член Лондонского королевского общества, член Парижской академии наук.

ДАРВИН ЧАРЛЗ РОБЕРТ (1809—1882) — английский путешественник, создатель дарвинизма. Вскрыл основные факторы эволюции органического мира, выдвинул гипотезу происхождения человека от обезьяноподобного предка.

ДЕКАРТ РЕНЕ (1596—1650) — французский философ, физик, математик и физиолог. Исследования Декарта относятся к механике, оптике, строению Вселенной. Им введено понятие «силы» движения (количества движения), сформулирован закон сохранения количества движения, впервые четко сформулирован закон инер-

ции. Математически вывел закон преломления света, положил начало оптике как науке. Дал теорию магнетизма. В математике первым ввел понятие переменной величины и функции, заложил основы аналитической геометрии.

ДЕЛЬБРЮК МАКС (1906—1981) — американский физик, генетик, вирусолог, один из основоположников молекулярной биологии. Труды его посвящены атомной физике, мутагенезу, репродукции вирусов. Лауреат Нобелевской премии (1969 г.).

ДЖОУЛЬ ДЖЕЙМС ПРЕСКОТТ (1818—1889) — английский физик. Джоуль рано увлекся электрическими исследованиями, свои эксперименты по выделению тепла электрическим током сделал исходным пунктом для выяснения связи между теплотой и работой. Эксперименты Джоуля подвели прочный фундамент под закон сохранения и превращения энергии. Из многочисленных опытов по нагреванию воздуха сжатием Джоуль нашел механический эквивалент теплоты.

ДЭВИ ГЕМФРИ (1779—1829) — английский химик и физик, член и президент Лондонского королевского общества. Физические исследования посвящены изучению электрических и тепловых явлений. Высказал предположение о кинетической природе теплоты (1812). От Дэви ведет начало электрохимия. Он определил объемное отношение кислорода и водорода, полученных при электролизе воды; описал электрическую дугу.

КАНТ ИММАНУИЛ (1724—1804) — немецкий философ и ученый, родоначальник немецкого классического идеализма. Основные работы — «Критика чистого разума» (1781), «Критика практического разума» (1788), «Критика способности суждения» (1790). Изобилующее противоречиями учение Канта о непознаваемых вещах в себе — объективном источнике ощущений и познаваемых явлениях оказало огромное влияние на последующее развитие научной и философской мысли. Кант создал космогоническую гипотезу о происхождении и эволюции Солнечной системы из первоначальной туманности, о существовании большой вселенной галактик вне нашей Галактики.

КЕПЛЕР ИОГАНН (1571—1630) — немецкий ученый, один из творцов небесной механики. Работы его относятся к области астрономии, механики, оптики, математики. Кеплер открыл законы движения планет (три закона Кеплера), от которых началась теория тяготения Ньютона. Кеплер известен и как конструктор телескопа.

КОПЕРНИК НИКОЛАЙ (1473—1543) — польский астроном, создатель гелиоцентрической картины мира. В Краковском университете изучал математику и медицину, потом учился в университетах Италии, где получил юридическое образование. Но призванием его стала астрономия. Свою систему мира, над которой работал более 30 лет, Коперник изложил в сочинении «О вращениях небесных сфер».

КРИК ФРЭНСИС (род. 1916) — английский биофизик и генетик. В 1953 г. совместно с Джеймсом Уотсоном создал модель структуры ДНК, что позволило объяснить многие ее свойства и биологические функции и положило начало молекулярной генетике. За расшифровку генетического кода Крик совместно с Дж. Уотсоном и М. Уилкинсом был удостоен Нобелевской премии (1962 г.).

ЛАВУАЗЬЕ АНТУАН ЛОРАН (1743—1794) — французский химик, один из основоположников современной химии, член Парижской академии наук. Выяснил роль кислорода в процессах дыхания, горения и обжигания металлов, установил,

что воздух является смесью газов, экспериментально доказал закон сохранения массы вещества. Активно выступил против гипотезы флогистона и рядом опытов показал ее ошибочность, разработал новую химическую номенклатуру, которая впоследствии стала общепринятой.

ЛАГРАНЖ ЖОЗЕФ ЛУИ (1736—1813) — французский математик и механик, член и президент Берлинской академии наук. Его труды по вариационному исчислению, математическому анализу, алгебре, дифференциальным уравнениям принесли ему славу великого аналитика XVIII столетия.

ЛАМАРК ЖАН БАТИСТ (1744—1829) — французский естествоиспытатель. Создал первую целостную концепцию эволюции живой природы, предшественник Ч. Дарвина. Ввел термин «биология». Основоположник зоопсихологии.

ЛАПЛАС ПЬЕР СИМОН (1749—1827) — французский физик, астроном и математик. Основные работы в области небесной механики изданы в пятитомнике «Трактат о небесной механике» (1798—1825). Им предложена гипотеза происхождения Солнечной системы. Физические исследования относятся к молекулярной физике, теплоте, акустике, оптике, электричеству. В области математики известны теорема Лапласа, уравнение Лапласа, оператор Лапласа.

ЛАУЭ МАКС ФОН (1879—1960) — немецкий физик-теоретик. Работы относятся к оптике, кристаллографии, сверхпроводимости, теории относительности, квантовой теории, атомной физике, физике твердого тела. Лауэ разработал теорию дифракции рентгеновских лучей на кристаллах, которая получила экспериментальное подтверждение. Это открытие привело к созданию рентгеноструктурного анализа. Лауреат Нобелевской премии (1914 г.).

ЛЕВЕНГУК АНТОНИ ВАН (1632—1723) — нидерландский натуралист, один из основоположников научной микроскопии. Он изготовил первые микроскопы с 150—300-кратным увеличением, впервые наблюдал и зарисовал ряд простейших организмов.

ЛЕЙБНИЦ ГОТФРИД ВИЛЬГЕЛЬМ (1646—1716) — немецкий ученый и философ-идеалист. Он был политиком, философом, математиком, юристом, путешественником, дипломатом. Физические исследования относятся к механике, теории упругости и теории колебаний. Установил закон сохранения «живых сил», который можно считать первой формулировкой закона сохранения механической энергии. В математике разработал дифференциальное и интегральное исчисления.

ЛИННЕЙ КАРЛ (1707—1778) — шведский естествоиспытатель, создатель системы растительного и животного мира, первый президент Шведской академии наук, Главный его труд — книга «Системы природы» — при жизни автора переиздавался более десяти раз.

ЛИЧКОВ БОРИС ЛЕОНОВИЧ (1888—1966) — советский геолог, доктор геолого-минералогических наук, занимался исследованиями в области теоретических проблем геологии, взаимодействия литосферы, гидросферы и атмосферы. Согласно Личкову, эволюция животного мира представляет собой производное от изменения структуры рельефа и климата планеты, но исходным творящим фактором выступает ее вращательное движение.

ЛОБАЧЕВСКИЙ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ (1792—1856) — русский математик, создатель неевклидовой геометрии. Ректор Казанского университета. Открытие Лобачевского совершило переворот в представлении о природе пространства. Большой вклад внесли труды Лобачевского в алгебру, математический анализ, теорию вероятностей, физику, астрономию.

ЛОМОНОСОВ МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ (1711—1765) — первый русский ученый-естествоиспытатель мирового значения, поэт, историк, филолог, поборник отечественного просвещения. Открытия Ломоносова обогатили многие отрасли знания. Он развивал атомно-молекулярные представления о строении вещества, кинетические представления о теплоте. Высказал принцип сохранения материи и движения. Ломоносов знаменит не только тем, что создал целые новые науки, например физическую химию, не только открытиями в области астрономии, физики, химии, геологии, географии, истории, кристаллографии, металлургии и др., но и самими методами постановки научных задач, при решении которых он опирался на эксперимент.

МАЙЕР ЮЛИУС РОБЕРТ (1814—1878) — немецкий естествоиспытатель, врач, физиолог и физик. Первым сформулировал фундаментальный закон природы — закон сохранения и превращения энергии. Идеи и приоритет Майера долго не признавались.

МАЙКЕЛЬСОН АЛЬБЕРТ АБРАХАМ (1852—1931) — американский физик. Основные работы его посвящены оптике и спектроскопии. Изобрел интерферометр и осуществил эксперименты, сыгравшие значительную роль в обосновании специальной теории относительности. Доказал при помощи оптического метода вращение Земли вокруг оси и определил скорость вращения; сконструировал совершенные дифракционные решетки, дальномер. Лауреат Нобелевской премии (1907 г.).

МАКСВЕЛЛ ДЖЕМС КЛЕРК (1831—1879) — английский физик, член Эдинбургского и Лондонского королевских обществ. Под его руководством создана Кавендишская лаборатория в Кембридже, которую он возглавлял до конца своей жизни. Работы относятся к электродинамике, молекулярной физике, общей статистике, оптике, механике, теории упругости. В 1878 г. ввел термин «статистическая механика». Наибольший вклад в науку сделан созданием теории электромагнитного поля, которую он сформулировал в виде системы уравнений, выражающих все основные закономерности электромагнитных явлений.

МЕНДЕЛЕЕВ ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ (1834—1907) — русский ученый, родился в Тобольске в семье директора гимназии. Окончил Петербургский педагогический институт. Профессор Петербургского технологического института, затем университета. Организатор и первый директор (1893) Главной палаты мер и весов (ныне ВНИИ метрологии им. Д. И. Менделеева). Самым крупным вкладом Менделеева в науку было открытие им в 1869 г. периодического закона и создание периодической системы элементов. Из других работ наиболее важны труды по теории растворов, метрологии, метеорологии. Менделеев — автор книги «Основы химии», в которой впервые вся неорганическая химия была изложена с точки зрения периодического закона.

МЕНДЕЛЬ ГРЕГОР ИОГАНН (1822—1884) — австрийский естествоиспытатель, основоположник учения о наследственности.

НЬЮТОН ИСААК (1643—1727) — английский ученый, заложивший основы современного естествознания, создатель классической физики. Научные работы относятся к механике, оптике, астрономии и математике. Ньютон сформулировал основные законы классической механики, открыл закон всемирного тяготения, дисперсию света, развил корпускулярную теорию света, разработал дифференциальное и интегральное исчисление.

ОМАР ХАЙЯМ (ок. 1048 — ок. 1123) — персидский и таджикский поэт, математик и философ. Всемирно известные четверостишия — рубаи проникнуты пафосом свободы личности. В математических трудах дал решения уравнений до 3-й степени включительно.

ПАСКАЛЬ БЛЕЗ (1623—1662) — французский математик, физик и философ, один из основоположников гидростатики, установил ее основной закон. Одну из основных теорем проективной геометрии Паскаль сформулировал в 16 лет, в 18 лет он сконструировал счетную машину.

ПАСТЕР ЛУИ (1822—1895) — французский ученый, основоположник современной микробиологии и иммунологии. Заложил основы стереохимии; опроверг теорию зарождения микроорганизмов. Изучил этнологию многих инфекционных заболеваний, разработал метод профилактической вакцинации против куриной холеры, сибирской язвы, бешенства. Созданный им институт микробиологии (Пастеровский институт) на улице Ру в Париже самый крупный биологический и микробиологический центр Франции, в котором работают всемирно известные ученые.

ПАУЛИ ВОЛЬФГАНГ (1900—1958) — швейцарский физик-теоретик. Основные работы посвящены квантовой механике. В 1924—1925 гг. сформулировал один из важнейших принципов современной теоретической физики, названный его именем, согласно которому в атоме или группе атомов не может быть двух электронов с четырьмя одинаковыми квантовыми числами. Паули высказал гипотезу о существовании нейтрино; создал теорию спина электрона и ядерных сил. Лауреат Нобелевской премии (1945 г.).

ПЛАНК МАКС (1858—1947) — немецкий физик, основоположник квантовой теории. В 1900 г. Планк исследовал зависимости, которые наблюдаются при тепловом излучении черных тел, не подчиняющиеся законам классической физики, и создал для их объяснения квантовую гипотезу. Позже она легла в основу квантовой механики, которая объясняет движение и энергетическое состояние элементарных частиц, составляющих атомы. За открытие кванта действия в 1918 г. Планку была присуждена Нобелевская премия по физике.

ПРИСТЛИ ДЖОЗЕФ (1733—1804) — английский химик, физик и философ-материалист, почетный член Петербургской академии наук. Открыл кислород, фотосинтез, изучал состав атмосферы. Был очень разносторонним человеком. Автор книг «История электричества» (1767 г.) и «История и современное состояние открытий, относящихся к зрению, свету и цветам» (1772 г.).

ПРИШВИН МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ (1873—1954) — русский советский писатель. Его философско-лирическая проза связана преимущественно с темами природы, истории, народным бытом и фольклором.

РЕЗЕРФОРД ЭРНЕСТ (1871—1937) — английский физик, основоположник ядерной физики. Исследования посвящены радиоактивности, атомной и ядерной физике. Резерфорд родился в Новой Зеландии, на родине получил высшее образование. Уехал в Англию, работал в Кембридже у Томсона, спустя три года его избирают профессором в Монреале. Потом снова Лондон, где его избирают сначала членом, а затем президентом Королевского общества, присваивают звание почетного члена многих академий мира. С именем Резерфорда в науке связана последняя наглядная (ядерная) модель атома. В 1919 г. он осуществил первую искусственную ядерную реакцию, превратив азот в кислород, в 1920 г. предсказал существование нейтрона и дейтрона, экспериментально доказал справедливость закона взаимосвязи массы и энергии в ядерных реакциях; в 1934 г. осуществил реакцию синтеза дейтронов с образованием трития. Создал большую школу физиков. Его учениками были Бор, Чедвик, Вильсон, Милликен, Капица. Лауреат Нобелевской премии по химии (1908 г.).

РИМАН БЕРНХАРД (1826—1866) — немецкий математик. Положил начало геометрическому направлению в теории аналитических функций. Ввел так называемые римановы пространства и развил их теорию — риманову геометрию, которая изучает свойства многомерных пространств.

САБИНИН ДМИТРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ (1889—1951) — советский ботаник, основатель школы физиологов растений. Исследовал роль корневой системы в водном и минеральном питании; установил влияние круговорота элементов минерального питания на рост растений.

СЕЛЬВИНСКИЙ ИЛЬЯ ЛЬВОВИЧ (1899—1968) — русский советский поэт.

СЕНТ-ДЬЕРДЬИ АЛЬБЕРТ (род. 1893) — американский биохимик, один из основоположников биоэнергетики. По национальности венгр. Выделил из растительных и животных тканей аскорбиновую кислоту и показал ее идентичность витамину C (Нобелевская премия в 1937 г.). Изучал механизмы мышечного сокращения. «Исследовать—значит видеть то, что видели все, и думать так, как не думал никто»,— сказал Сент-Дьёрдьи.

СЕНТ-ЭКЗЮПЕРИ АНТУАН (1900—1944) — французский писатель. Философичность, лиризм, гуманизм отличают произведения Экзюпери: «Планета людей», «Маленький принц» и др. Открыв книгу Экзюпери на любой странице, хочется запомнить каждую фразу. «Земля помогает нам понять самих себя, как не помогают никакие книги... Человек познает себя в борьбе с препятствиями... Я счастлив своим ремеслом. Чувствую себя пахарем, аэродром — мое поле...» Участник второй мировой войны, летчик, погиб в воздушном бою против фашистов.

ТОМСОН ДЖОЗЕФ ДЖОН (1856—1940) — английский физик, основатель научной школы, президент Лондонского королевского общества, директор Кавендишской лаборатории. Обосновал и развил электромагнитную теорию Фарадея — Максвелла, за 14 лет до Эйнштейна показал, что инертная масса движущегося тела должна быть больше инертной массы этого тела в покое. В 1897 г. открыл электрон, что позволило ему объяснить природу рентгеновских лучей, электропроводность металлов. В 1903 г. предложил модель атома. Томсон первый отметил роль электронов в химической реакции.

ТЫЧИНА ПАВЛО ГРИГОРЬЕВИЧ (1891—1967) — украинский советский поэт, государственный деятель, академик АН УССР. Его лирические стихи и поэмы гражданского звучания навсегда вошли в золотой фонд украинской советской литературы.

ТЮТЧЕВ ФЕДОР ИВАНОВИЧ (1803—1873) — русский поэт. Стихи Тютчева отличаются глубиной мысли и совершенством ее художественного воплощения. Через обращение к природе поэт раскрывает мир человеческих переживаний.

ФАБР ЖАН АНРИ (1823—1915) — французский энтомолог. Всю жизнь он был предан единственной страсти — насекомым. Он изучал живое живым, под сияющим небом, под музыку птичьего гомона. Его лабораторией был пустырь — участок за домом на окраине деревушки Сериньян. Фабром написано несколько десятков книг для детей, юношества и взрослых.

ФАРАДЕЙ МАЙКЛ (1791—1867) — английский физик, создатель учения об электромагнитном поле, ученый, который дал жизнь всем генераторам и электромоторам мира. Установил законы электролиза, открыл пара- и диамагнетизм, ввел понятия электрического и магнитного поля, высказал идею о существовании электромагнитных волн.

ФЕЙНМАН РИЧАРД (р. 1918) — американский физик-теоретик, один из создателей современной квантовой электродинамики. Работы посвящены квантовой теории поля, квантовой электродинамике, физике элементарных частиц, статистической физике, сверхпроводимости, теории гравитации. Автор известного курса «Фейнмановские лекции по физике».

ФРИДМАН АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ (1888—1925) — советский математик и геофизик. Научная деятельность была сосредоточена на теоретической метеорологии, гидромеханике и гидродинамике. Впервые раскрыл принципиально новые революционные космологические следствия общей теории относительности. Уравнения этой теории описывают геометрические свойства четырехмерного искривленного пространства — времени. Решение их позволяет в принципе построить математическую модель Вселенной.

ЦВЕЙГ СТЕФАН (1881—1942) — австрийский писатель. Многие произведения писателя, проникнутые, по словам М. Горького, изумительным милосердием к человеку, вошли в сокровищницу мировой литературы.

ЧИЖЕВСКИЙ АЛЕКСАНДР ЛЕОНИДОВИЧ (1897—1964) — советский биолог, один из основоположников гелиобиологии. Исследовал влияние солнечного излучения на организм животных и человека. Близкий друг К. Э. Циолковского. Активно пропагандировал его идеи в области космонавтики.

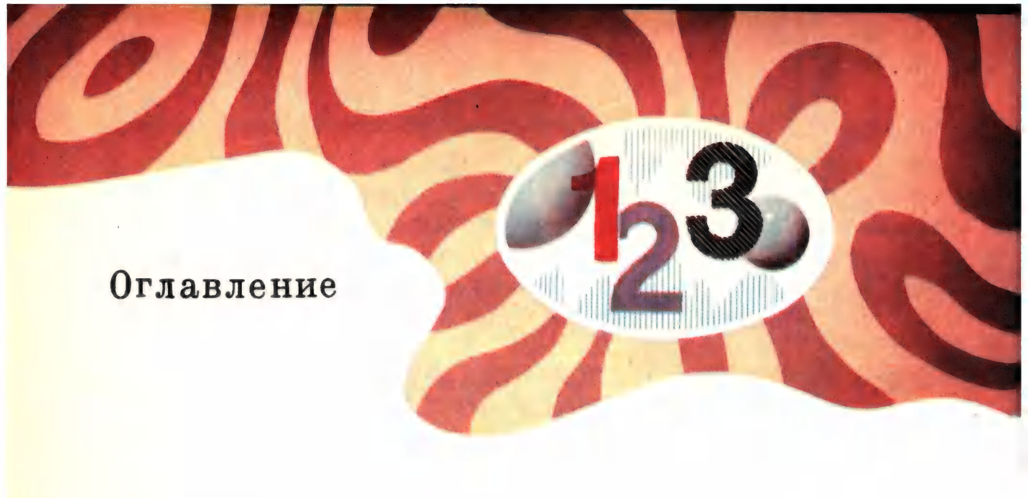
ЧОН ЧХОЛЬ (1536—1594) — корейский поэт. Составил первый авторский поэтический сборник на корейском языке «Сонган каса».

ШАГИНЯН МАРИЭТТА СЕРГЕЕВНА (1888—1982) — советская писательница, старейший мастер научно-художественной литературы, доктор филологических наук, Герой Социалистического Труда. Ею написаны романы-хроники о В. И. Ленине, книги о Т. Г. Шевченко, Гете, Низами.

ШЕЛЛИ ПЕРСИ БИШ (1792—1822) — английский поэт-романтик.

ШРЁДИНГЕР ЭРВИН (1887—1961) — австрийский физик-теоретик. Окончил университет в Вене. Был профессором в Берлине. После захвата власти фашистами эмигрировал в Англию, с 1940 г.— профессор Дублинского университета. Заслугой его является создание волновой механики. Уравнение Шрёдингера для современной физики имеет такое же значение, как уравнение второго закона Ньютона для классической физики. В 1933 г. Шрёдингеру была присуждена Нобелевская премия по физике.

ЭЙНШТЕЙН АЛЬБЕРТ (1879—1955) — физик-теоретик, один из основателей современной физики. В. И. Ленин считал его одним из самых великих преобразователей естествознания. Родился в Германии, в 1933 г. эмигрировал в США. Первым местом постоянной работы Эйнштейна было бернское патентное бюро. Этот период его жизни самый плодотворный — за 10 месяцев было написано шесть эпохальных работ, радикально изменивших весь облик физики: применено представление о квантах для объяснения фотоэффекта, создана общая и частная теории относительности, установлен закон взаимосвязи массы и энергии. В статистической физике Эйнштейн развил молекулярно-статистическую теорию броуновского движения, создал квантовую статистику частиц с целым спином (статистика Бозе — Эйнштейна). В 1921 г. удостоен Нобелевской премии за важные физико-математические исследования, особенно за открытие законов фотоэлектрического эффекта.



Оглавление

Вера Романовна Ильченко

ПЕРЕКРЕСТКИ ФИЗИКИ, ХИМИИ И БИОЛОГИИ

Зав. редакцией *Н. В. Хрусталь*
Редактор *В. А. Обменина*
Младший редактор *О. В. Агапова*
Художники *С. Ф. Лухин, В. П. Лухина*
Фотографии *А. Г. Ильченко*
Художественный редактор *В. М. Прокофьев*
Технические редакторы *В. Ф. Коскина, Е. В. Богданова*
Корректоры *Л. А. Ежова, Н. В. Красильникова*

ИБ № 9169

Сдано в набор 03.01.86. Подписано к печати 26.08.86. Формат $60 \times 90^1/_{16}$. Бум. офсетная № 1. Гарнит. литерат. Печать офсетная. Усл. печ. л. 11+0,25 форз. Усл. кр.-отт. 45,5. Уч.-изд. л. 12,42+0,45 форз. Тираж 100 000 экз. Заказ № 1234. Цена в переплете № 5 — 1 р. 30 коп.; в переплете № 7 бумажном с припрессовкой пленки — 1 руб. 40 коп.

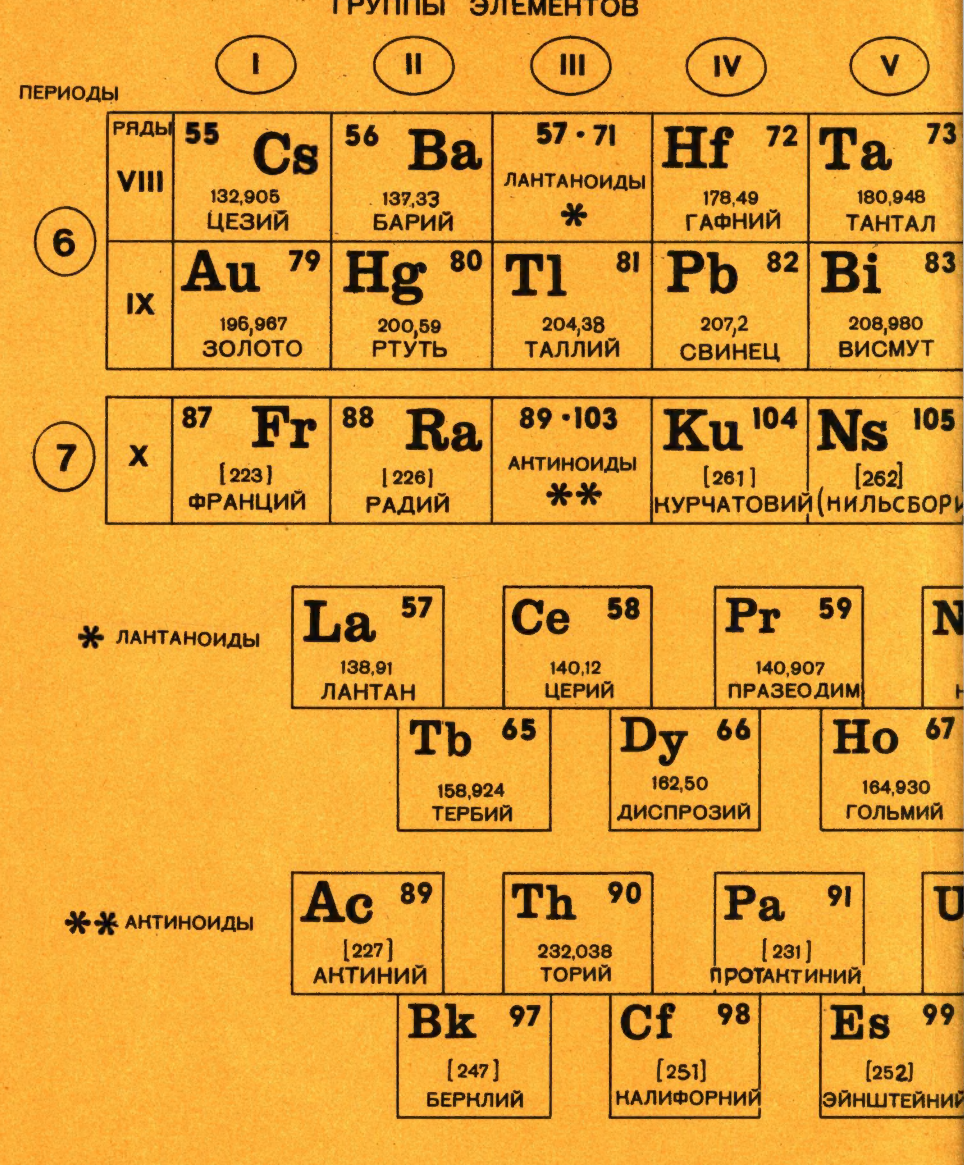
Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.
Отпечатано с диапозитивов ордена Трудового Красного Знамени фабрики «Детская книга» № 1 на Калининском ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинате детской литературы им. 50-летия СССР Росглавполиграфпрома Госкомиздата РСФСР. 170040, Калинин, проспект 50-летия Октября, 46.

Ильченко В. Р.

И48 Перекрестки физики, химии и биологии: Кн. для учащихся.— М.: Просвещение, 1986.— 174 с.: ил.

В книге в интересной и доступной форме с позиции современной физики рассказывается о внутреннем единстве естественнонаучных знаний, приобретаемых школьниками на уроках физики, химии и биологии.

И $\frac{4306020000-725}{103(03)-86}$ 231—86 ББК 2



ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ

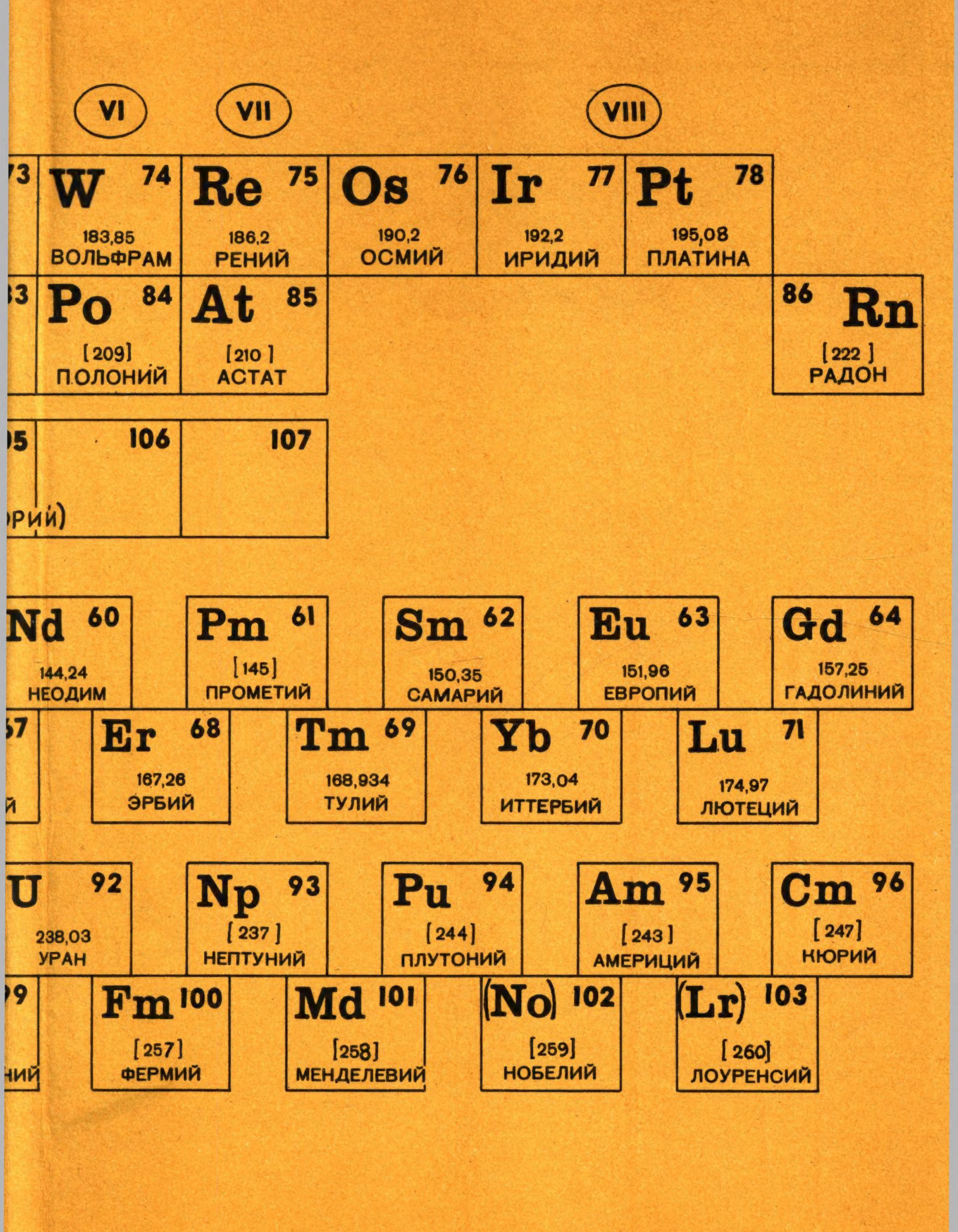
ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	I	II	III	IV	V
6	VIII	55 Cs 132,905 ЦЕЗИЙ	56 Ba 137,33 БАРИЙ	57 · 71 ЛАНТАНОИДЫ *	Hf 72 178,49 ГАФНИЙ	Ta 73 180,948 ТАНТАЛ
	IX	Au 79 196,967 ЗОЛОТО	Hg 80 200,59 РТУТЬ	Tl 81 204,38 ТАЛЛИЙ	Pb 82 207,2 СВИНЕЦ	Bi 83 208,980 ВИСМУТ
7	X	87 Fr [223] ФРАНЦИЙ	88 Ra [226] РАДИЙ	89 · 103 АКТИНОИДЫ **	Ku 104 [261] КУРЧАТОВИЙ	Ns 105 [262] (НИЛЬСБОРИ

* ЛАНТАНОИДЫ

- La 57 138,91 ЛАНТАН
- Ce 58 140,12 ЦЕРИЙ
- Pr 59 140,907 ПРАЗЕОДИМ
- N
- Tb 65 158,924 ТЕРБИЙ
- Dy 66 162,50 ДИСПРОЗИЙ
- Ho 67 164,930 ГОЛЬМИЙ

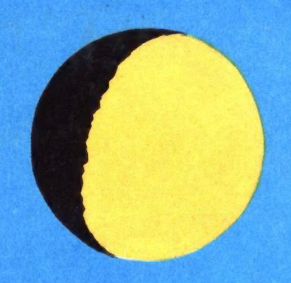
** АКТИНОИДЫ

- Ac 89 [227] АКТИНИЙ
- Th 90 232,038 ТОРИЙ
- Pa 91 [231] ПРОТАКТИНИЙ
- U
- Bk 97 [247] БЕРКЛИЙ
- Cf 98 [251] КАЛИФОРНИЙ
- Es 99 [252] ЭЙНШТЕЙНИЙ



VI
VII
VIII
W 74 183,85 ВОЛЬФРАМ
Re 75 186,2 РЕНИЙ
Os 76 190,2 ОСМИЙ
Ir 77 192,2 ИРИДИЙ
Pt 78 195,08 ПЛАТИНА
Po 84 [209] ПОЛОНИЙ
At 85 [210] АСТАТ
86 Rn [222] РАДОН
106
107
Nd 60 144,24 НЕОДИМ
Pm 61 [145] ПРОМЕТИЙ
Sm 62 150,35 САМАРИЙ
Eu 63 151,96 ЕВРОПИЙ
Gd 64 157,25 ГАДОЛИНИЙ
Er 68 167,26 ЭРБИЙ
Tm 69 168,934 ТУЛИЙ
Yb 70 173,04 ИТТЕРБИЙ
Lu 71 174,97 ЛЮТЕЦИЙ
U 92 238,03 УРАН
Np 93 [237] НЕПТУНИЙ
Pu 94 [244] ПЛУТОНИЙ
Am 95 [243] АМЕРИЦИЙ
Cm 96 [247] КЮРИЙ
Fm 100 [257] ФЕРМИЙ
Md 101 [258] МЕНДЕЛЕВИЙ
(No) 102 [259] НОБЕЛИЙ
(Lr) 103 [260] ЛОУРЕНСИЙ

1 р. 40





В. Р. Ильченко **Перекрестки физики, химии и биологии**